

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

Stabilitní posouzení vybraných geotechnických staveb ve Valašském Meziříčí

Stability Analysis of Selected Geotechnical Structures in Valašské Meziříčí

Student:

Bc. Klára Malotová

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Barbara Luňáčková, Ph.D.

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Klára Malotová**
Studijní program: N3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3607T035 Geotechnika
Téma: **Stabilitní posouzení vybraných geotechnických staveb ve Valašském Meziříčí**
Stability Analysis of Selected Geotechnical Structures in Valašské Meziříčí
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky plánované stavby obchvatu Valašského Meziříčí
2. Inženýrskogeologická a hydrogeologická charakteristika lokality
3. Zhodnocení území a výběr vhodných referenčních míst
4. Návrh násypů / zářezů na vytipovaných lokalitách
5. Stabilitní posouzení vybraných násypů / zářezů
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

- ABRAMSON, Lee W. *Slope stability and stabilization methods*. New York: Wiley, 1996, xx, 629 p. ISBN 0471106224.
- BRINKGREVE, R.B.J. *Manual Plaxis 2D*. Balkema. ISBN 90-5809-508-8
- PAŠEK, Jaroslav a Milan MATULA. *Inženýrská geologie. I, II*. Praha: [s.n.], 1995.
- ŠIMEK, Jiří. *Mechanika zemin*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1990. ISBN 80-03-00428-4.
- VANÍČEK, Ivan. *Některé problémy s krátkodobou a dlouhodobou stabilitou, únosností geotechnických konstrukcí*. In: 55 roků geotechniky na Slovensku: zborník 12. Slovenskej geotechnickej konferencie v Bratislave: Slovenská technická univerzita, 2015. ISBN 978-80-227-4363-1.
- VANÍČEK, Ivan, Tereza ČIHÁKOVÁ, Daniel JIRÁSKO, Jan KOS, Jan SALÁK a Martin VANÍČEK. *Projektování základových a zemních konstrukcí*. V Praze: České vysoké učení technické, 2016. ISBN 978-80-01-05913-5.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Barbara Luňáčková, Ph.D.**

Konzultant diplomové práce: Ing. Ivo Křístek

Datum zadání: 28.02.2017

Datum odevzdání: 30.11.2017



doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

.....

podpis studenta

Prohlašuji:

- Byla jsem seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadu, v rámci školních představení a užití díla a § 60 – školní dílo,
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3),
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO,
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona,
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

Anotace:

MALOTOVÁ, Klára. *Stabilitní posouzení vybraných geotechnických staveb ve Valašském Meziříčí*. Ostrava, 2017, 67 s. Diplomová práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra geotechniky a podzemního stavitelství. Vedoucí práce: Ing. Barbara Luňáčková, Ph.D..

Diplomová práce se zabývá stabilitním posouzením násypových těles v rámci budoucí přeložky silnice I/57 Valašské Meziříčí – Jarcová. V úvodu diplomové práce je popsáno zdůvodnění a popis výstavby této přeložky. Následně jsou popsány inženýrskogeologické a hydrogeologické poměry zájmového území. Další kapitoly se věnují výběru tří referenčních míst, jejich geologické stavbě a návrhu násypových těles na vytipovaných lokalitách. Návrh těchto násypových těles byl realizován pomocí programového systému Plaxis 2D ve dvou materiálových variantách. V praktické části diplomové práce jsou vybraná referenční místa zhodnocena prostřednictvím stupně stability, vertikálních posunů, plastických bodů a vývoje pórových tlaků.

Klíčová slova: násyp, Plaxis 2D, silniční násyp, keramzit, hrubozrnný materiál, stabilita, vertikální posun, čerpání pevnosti.

Annotation:

MALOTOVÁ, Klára. *Stability Analysis of Selected Geotechnical Structures in Valašské Meziříčí*. Ostrava, 2017, 67 p. Diploma thesis. VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Civil Engineering, Department of Geotechnics and Underground Engineering, Diploma head: Barbara Luňáčková, Ph.D., MSc.

The thesis deals with stability assessment of road embankment within future relocation of the road I/57 Valašské Meziříčí – Jarcová. In the introduction of the thesis is mentioned an explanation and description of construction of this relocation. Then there are described engineering-geology and hydrogeological conditions of the interest area. The next chapters deal with selection of three reference places, their geological construction and design of solids of embankment on selected localities. The design of these solids of embankment was realized with the use of the program software Plaxis 2D in two material variants. In the practical part of this thesis are evaluated selected reference places by means of stability level, vertical movements, plastic points and development of porous pressures.

Key words: embankment, Plaxis 2D, road embankment, ceramzit, coarse-grained material, stability, vertical movement, pumping of strength

Obsah

Seznam použitého značení	10
1. Úvod do problematiky plánované stavby obchvatu Valašského Meziříčí	11
2. Inženýrskogeologická a hydrogeologická charakteristika lokality	15
2.1. Vymezení a poloha zájmového území	15
2.2. Geomorfologické poměry	16
2.3. Klimatické poměry	17
2.4. Hydrogeologické poměry	19
2.5. Geodynamické poměry	22
2.6. Seismická území	26
3. Zhodnocení území a výběr vhodných referenčních míst	28
3.1. Geotechnický průzkum a vymezení geotechnických typů	28
3.2. Použitelnost zemin pro stavbu zemního tělesa	30
3.3. Výběr referenčních míst	31
3.4. Podloží násypů a jeho geotechnické parametry	33
4. Návrh násypů na vytipovaných lokalitách.	35
4.1. Volba materiálů do násypů	38
4.1.1. Hrubozrnná sypanina	39
4.1.2. Keramzit	39
5. Stabilitní posouzení vybraných násypů	40
5.1. Charakteristika programu Plaxis	40
5.2. Princip návrhu násypových těles	41
5.3. Vstupní parametry	42
5.4. Vstupní modely	44
6. Výstupy z Plaxis	46
6.1. Stupeň stability	46
6.2. Vertikální deformace	49

6.3.	Pórové tlaky	50
6.4.	Čerpání pevnosti a plastické body	52
7.	Závěr.....	59
8.	Seznam použité literatury	61
9.	Seznam obrázků	63
10.	Seznam tabulek	65
11.	Seznam grafů.....	66
12.	Seznam příloh.....	67

Seznam použitého značení

Značka	Veličina	Jednotka
°C	stupeň Celsia	°
CBR	Kalifornský poměr únosnosti	%
CO ₂	oxid uhličitý	-
ČSN	Česká státní norma	kPa
DK 0/63	drcené kamenivo frakce 0/63 mm	-
E _{def}	modul přetvárnosti	kPa
F1-F8	zatřídění jemnozrnných zeminy dle ČSN 73 1001	-
F _s	stupeň bezpečnosti	-
G1-G5	zatřídění štěrkovitých zemin dle ČSN 73 1001	-
HPV	hladina podzemní vody	-
IBI	Okamžitý index únosnosti	%
I _c	stupeň konzistence	-
JV	vrtná jádrová sonda	-
MSK	stupnice maximální očekávané intenzity zemětřesení	-
MT9	klimatická jednotka	-
MUK	mimoúrovňová křižovatka	-
PT	hranice původního terénu	-
Q ₁₀₀	Průtočné množství odpovídající stoleté vodě	-
R0-R6	zatřídění hornin dle ČSN 73 1001	-
S1-S5	zatřídění písčitých zemin dle ČSN 73 1001	-
TP	technická podmínka	-
c	soudržnost	kPa
c _{eff}	efektivní soudržnost	kPa
k _f	hydraulická vodivost	m/s
p _{max}	maximální přebytek pórových tlaků	kPa
w _l	mez tekutosti	%
w _n	přirozená vlhkost	%
ΣM _{sf}	Stupeň stability	-
γ	objemová tíha	kN/m ³
ν	Poissonovo číslo	-
ρ _{d, max, PS}	maximální objemová hmotnost zeminy Proctor standard (laboratorní srovnávací suchá objemová hmotnost)	kN/m ³
τ _{max}	max. hodnota smykového napětí	kN/m ²
τ _{mob}	max. hodnota smykového napětí v bodě	kN/m ²
τ _{rel}	relativní smykové napětí	-
φ	úhel vnitřního tření	°
φ _{eff}	efektivní hodnota úhlu vnitřního tření	°

1. Úvod do problematiky plánované stavby obchvatu Valašského Meziříčí

Cílem této práce bude stabilitní posouzení vybraných geotechnických staveb ve Valašském Meziříčí, a to v rámci plánovaného projektu přeložka silnice I/57 Valašské Meziříčí – Jarcová, západní obchvat.

V úvodní části diplomové práce budou zhodnoceny inženýrskogeologické a hydrogeologické poměry zájmového území. Následně bude proveden výběr lokalit na trase stavby, jejich návrh a posouzení. Stabilitní posouzení vybraných násypů bude provedeno v softwarovém programu Plaxis 2D. V neposlední řadě bude provedeno celkové zhodnocení lokality a geotechnických staveb.

V současné době zajišťuje hlavní dopravní tah v úseku Valašské Klobouky – Vsetín – Valašské Meziříčí silnice první třídy číslo 57 a dopravní tah v úseku Valašské Meziříčí – Hranice na Moravě silnice první třídy číslo 35. Z důvodu nevyhovujícího směrového vedení a šířkového uspořádání komunikace a značně zvýšené intenzity tranzitní dopravy, která zatěžuje životní prostředí, byla navržena přeložka silnice I/57 Valašské Meziříčí – Jarcová. Celý úsek bude propojen s rychlostní silnicí R 48 u Palačova se Vsetínem a s plánovanou rychlostní silnicí R 49 vedoucí na Slovensko. Na obrázku 1.1 je znázorněna mapa společně s budoucí přeložkou silnice I/57. [15]

Přeložka silnice I/57 bude rozdělena do několika fází a bude realizována jako kapacitní čtyřproudová směrově dělená komunikace v kategorii S24,5 s návrhovou rychlostí 80 km/hod. Přeložka silnice I/57 tvoří západní obchvat města Valašské Meziříčí. Trasa komunikace vychází z úseku Valašské Meziříčí – Lešná silnice první třídy číslo 35 v prostorách místní firmy Deza a komunikace bude zakončena jižně od obce Jarcová. Celková délka trasy bude nabývat 7,99 km a bude po své délce obsahovat několik objektů, a to tři mimoúrovňové křižovatky (déle jen MUK), mostní estakádu, dva obloukové mosty přes řeku Bečvu. Na několika místech bude zajištěno protihlukové opatření. [15]



Obr. 1.1 - Přeložka silnice I/57 Valašské Meziříčí - Jarcová [15]

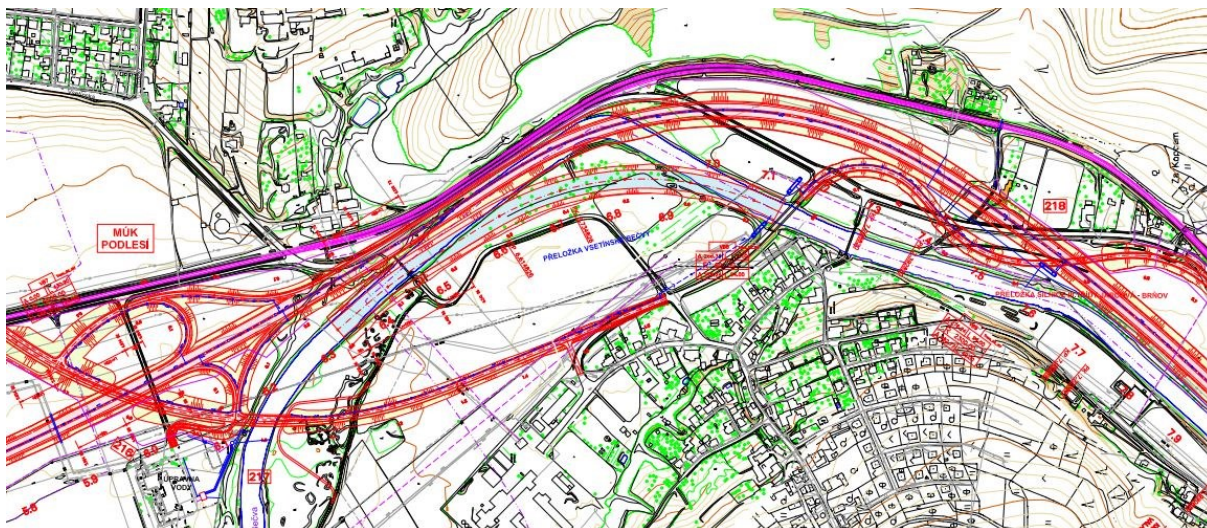
V kilometru 0,0 až 1,9 bude navržena sdružená MUK Bynina, která propojí silnice první třídy číslo 57 a 35. Současně zajistí napojení severní části Valašského Meziříčí na západní obchvat. Nájezdové a výjezdové větve ve směru na Hranice na Moravě budou situovány v severní části MUK v místě stávající čerpací stanice pohonných hmot. Nájezdové a výjezdové větve směrem na Vsetín budou pak situovány v jižní části MUK. [15]

V kilometru 1,76 až 2,56 bude přeložka vedena po mostní estakádě dlouhé 800 m a bude tak výškově překonávat stávající silnice I/35, skladové haly, železniční trať a průmyslový areál u silnice Uhelná a ulici Hranická. Mostní estakáda bude tvořena dvojicí samostatných konstrukcí, které budou převádět pouze vždy jeden jízdní pás silnice. Konstrukce mostní estakády bude zkonstruována jako spojitý nosník o sedmnácti polích s komorovým průřezem. Po levé straně bude vybudována protihluková stěna, dosahující výšky 5 m. [15]

V kilometru 4,3 bude navržena kosodélná MUK Poličná, která propojí silnici I/57 se silnicí II/150 vedoucí z Bystřice pod Hostýnem. Neobvyklý tvar MUK byl navržen z důvodu stísněného prostoru mezi Vsetínskou Bečvou a průmyslovým areálem a současně s minimálním zásahem do parku Abácie. Silnice II/150 bude vystavěna v odsunuté poloze, která bere v úvahu její výhledové pokračování v obchvatu Poličná. Na silnici II/150 bude realizován obloukový most, který povede přes Vsetínskou Bečvu. Jeho rozpětí bude dosahovat délky 53 m. [15]

V kilometru 6,2 bude navržena deltovitá MUK Podlesí. Poloha křižovatky se nachází v blízkosti stávající úpravovny vody a propojí přeložku I/57 s nově navrženou silnicí třetí třídy vedoucí z místní části Podlesí do obce Jarcová. Výhodou tohoto propojení bude umožnění vhodnějšího napojení místní dopravy do Valašského Meziříčí a Jarcové. Součástí silnice třetí třídy bude druhý obloukový most na této trase. Most o rozpětí 63 m bude vystavěn nad korytem Vsetínské Bečvy. [15]

Přeložka silnice I/57 prochází v km 6,4 až 6,9 v trase Vsetínské Bečvy. Proto bude provedena přeložka koryta vsetínské Bečvy západním směrem v délce asi 750 m, z důvodu prostoru pro souběh navrhované čtyřproudové silnice se stávající železniční tratí (obr. 1.2.). Po pravé straně silnice I/57 bude vybudována protihluková stěna s výškou 5 m. [15]

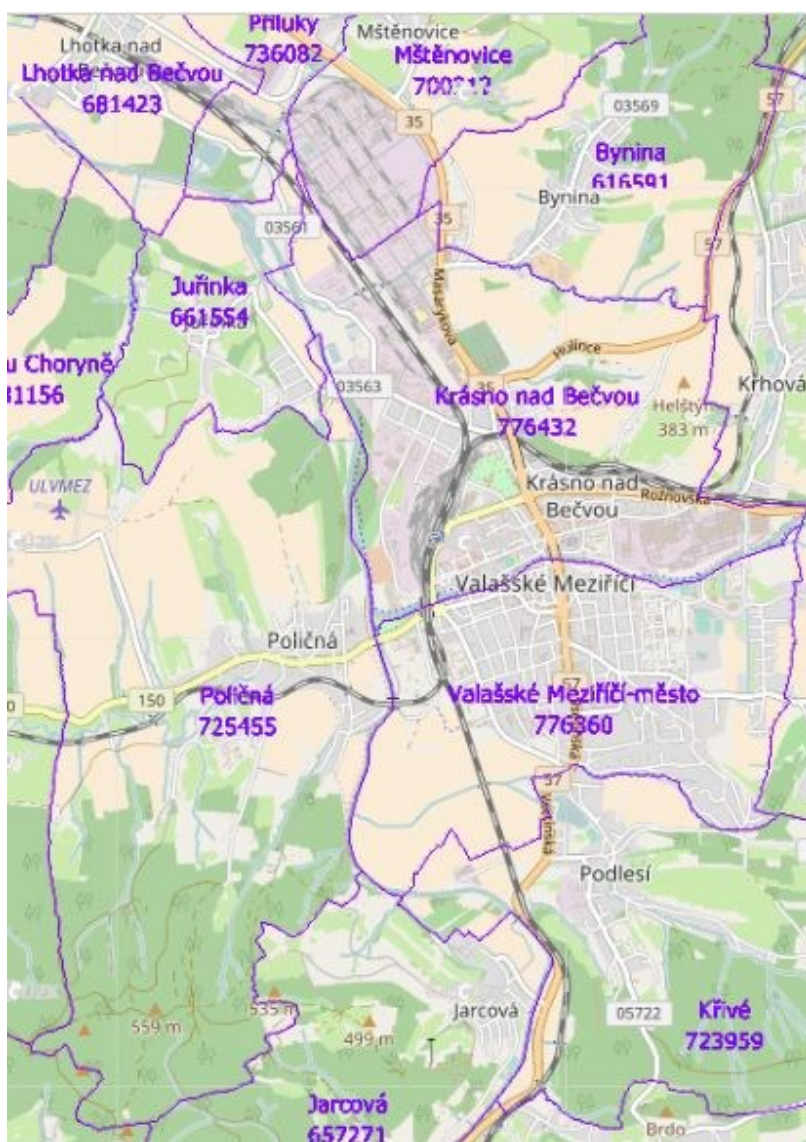


Obr. 1.2 - Přeložka Vsetínské Bečvy [15]

2. Inženýrskogeologická a hydrogeologická charakteristika lokality

2.1. Vymezení a poloha zájmového území

Vybraná oblast se nachází ve městě Valašské Meziříčí v okrese Vsetín, které spadá do Zlínského kraje. V západní části města se nachází soutok Vsetínské a Rožnovské Bečvy. Město Valašské Meziříčí je považováno jako vstupní brána Moravskoslezských Beskyd. Zájmová oblast vstupuje do několika katastrálních území. Jedná se o Mšténovice 700312, Bynina 616591, Krásno nad Bečvou 776432, Valašské Meziříčí-město 776360, Poličná 725455, Jarcová 657271 a Křivé 723959 (obr. 2.1). [17]



Obr. 2.1-Katastrální rozdělení [9]

2.2. Geomorfologické poměry

Členění zájmové oblasti:

<i>Geomorfologický systém</i>	Alpsko-himalájský
<i>Subsystem</i>	Karpaty
<i>Provincie</i>	Západní Karpaty
<i>IX – Subprovincie</i>	Vnější západní Karpaty
<i>IXD – Oblast</i>	Západobeskydské podhůří
<i>IXD-1 – Celek</i>	Podbeskydská pahorkatina
<i>IXD-1C – Podcelek</i>	Příborská pahorkatina
<i>IXD-1C-g – Okrsek</i>	Valašskomeziříčská kotlina

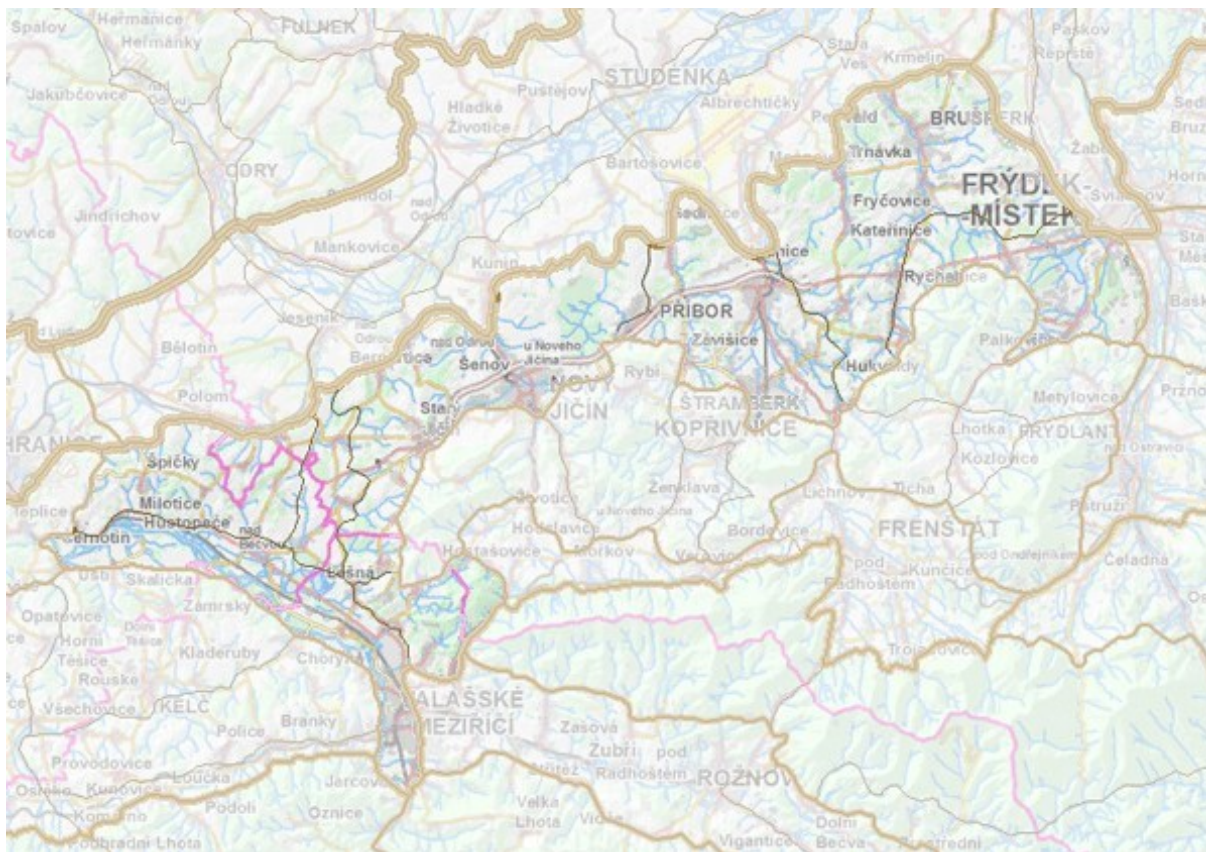
Sledovaná oblast zapadá v geomorfologickém členění do následujících jednotek. Alpsko-himalájský systém, subsystem Karpaty, provincie Západní Karpaty, které jsou na území České republiky zastoupeny dvěma subprovinciemi: Vnější západní Karpaty a Vněkarpatské sníženiny. Zájmová oblast se nachází v subprovincii Vnější západní Karpaty, které jsou tvořeny flyšem. Geomorfologická subprovincie se dále člení na geomorfologické oblasti. Na území ČR se jedná o Jihomoravské Karpaty na hranici s Rakouskem, Středomoravské Karpaty ležící ve středu Moravy, Slovensko-moravské Karpaty, které společně se Západními Beskydami se rozléhají na hranici se Slovenskem a Západobeskydské podhůří rozkládající se na hranici s Polskem. Do území vybrané lokality vstupuje geomorfologická oblast Západobeskydské podhůří. Oblast se dále člení na celek Podbeskydská pahorkatina, podcelek Příborská pahorkatina a okrsek Valašskomeziříčská kotlina. [8] [12] [13]

Podbeskydská pahorkatina je tvořena zejména křídovými a paleogenními flyšovými horninami podslezské a slezské jednotky vnější skupiny příkrovů a vyvřelinami těšínitů¹, krami kulmských hornin² a bradly jurských hornin a neogenními a kvarterními sedimenty. [8] [12] [13]

1 různě definovaná skupina hypabysálních magmatitů proměnlivého složení a blízkých doleritům. Charakteristická je přítomnost většího množství analcimu, k němuž se jako základní složky druží bazické plagioklasy, často i amfibol (barkevikit), někdy v menší míře i alkalické živce, nefelín aj. Klasickou oblastí těšínitů (nazvaných podle Těšína) je sz. úpatí Beskyd. Průvodními magmatity bývají jiné alkalické horniny, dolerity, pikrity apod.[8]

² Rytmičné uspořádání klastických sedimentů, především droby a břidlice.[8]

Na obrázku číslo 2.2 je vyznačena Příborská pahorkatina, kde se v jihozápadní části nachází Valašskomeziříčská kotlina, která vznikla v kvartéru erozní činností řeky Bečvy. Podloží je tvořeno zejména písčitohlinitými nivními sedimenty, místy jsou obohaceny šterky řeky Bečvy v nadloží flyšových hornin devonských vápenců a miocenních sedimentů. Jedná se o akumulační reliéf údolní nivy se zbytky říčních teras. [8] [12] [13]



Obr. 2.2 - Příborská pahorkatina [8]

2.3. Klimatické poměry

Zájmové území se nachází v mírně teplé klimatické oblasti, v klimatické jednotce MT9 (dle Quitta, 1971). Je charakteristická dlouhým, teplým, suchým až mírně suchým létem, s mírně teplým jarem a podzimem a krátkou, mírnou, suchou zimou, s krátkým trváním sněhové pokrývky. Nejteplejším měsícem v roce je červenec, s průměrnou teplotou 17° až 18° Celsia. Nejchladnějším měsícem zůstává leden s průměrnou teplotou nabývajících hodnot -3° až -4° Celsia. Pro lepší zhodnocení klimatu v zájmovém území je níže přiložen obrázek 2.3 s vyznačenou klimatickou jednotkou MT9. [5]

Teplá		Mírně teplá								Chladná		
T2 oranžová	T4 červená	MT2 khaki	MT3 tmavě zelená	MT4 olivová	MT5 zelená	MT7 světle zelená	MT9 světle žlutá	MT10 žlutá	MT11 okrová	CH4 šedá	CH6 modrá	CH7 světle modrá

LetD	50-60	60-70	20-30	20-30	20-30	30-40	30-40	40-50	40-50	40-50	0-20	10-30	10-30
HVO	160-170	170-180	140-160	120-140	140-160	140-160	140-160	140-160	140-160	140-160	80-120	120-140	120-140
MD	100-110	100-110	110-130	130-160	110-130	130-140	110-130	110-130	110-130	110-130	160-180	140-160	140-160
LD	30-40	30-40	40-50	40-50	40-50	40-50	40-50	30-40	30-40	30-40	60-70	60-70	50-60
t I	-2 - -3	-2 - -3	-3 - -4	-3 - -4	-2 - -3	-4 - -5	-2 - -3	-3 - -4	-2 - -3	-2 - -3	-6 - -7	-4 - -5	-3 - -4
t VII	18-19	19-20	16-17	16-17	16-17	16-17	16-17	17-18	17-18	17-18	12-14	14-15	15-16
t IV	8-9	9-10	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7	7-8	7-8	2-4	2-4	4-6
t X	7-9	9-10	6-7	6-7	6-7	6-7	7-8	7-8	7-8	7-8	4-5	5-6	6-7
s ≥ 1 mm	90-100	80-90	120-130	110-120	110-120	100-120	100-120	100-120	100-120	90-100	120-140	140-160	120-130
s VO	350-400	300-350	450-500	350-450	350-450	350-450	400-450	400-450	400-450	350-400	600-700	600-700	500-600
s VZ	200-300	200-300	250-300	250-300	250-300	250-300	250-300	250-300	200-250	200-250	400-500	400-500	350-400
sp	40-50	40-50	80-100	60-100	60-80	60-100	60-80	60-80	50-60	50-60	140-160	120-140	100-120
o > 0,8	120-140	110-120	150-160	120-150	150-160	120-150	120-150	120-150	120-150	120-150	130-150	150-160	150-160
o < 0,2	40-50	50-60	40-50	40-50	40-50	50-60	40-50	40-50	40-50	40-50	30-40	40-50	40-50

LetD - počet lenich dní

HVO - počet dní s teplotou min 10°C

MD - počet mrazových dnů

LD - počet ledových dnů

t I - průměrná teplota v lednu

t VII - průměrná teplota v červenci

t IV - průměrná teplota v dubnu

t X - průměrná teplota v říjnu

s ≥ 1 mm - počet dnů se srážkami min 1 mm

s VO - srážkový úhrn ve vegetačním období

s VZ - srážkový úhrn v zimním období

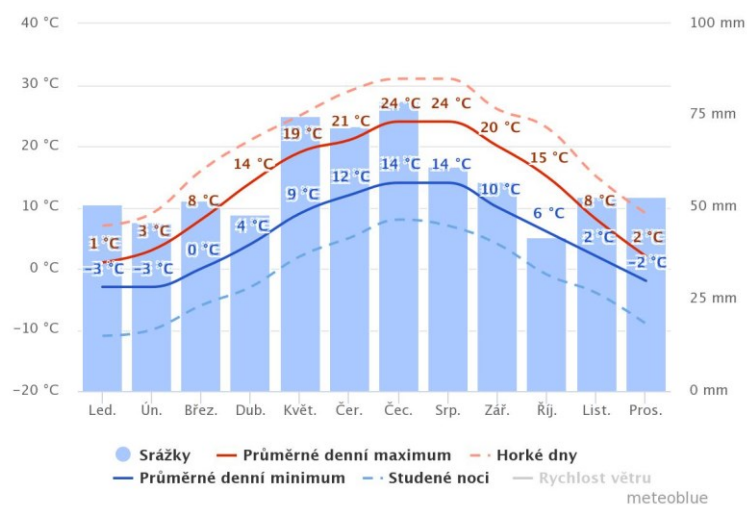
sp - počet dnů se sněhovou pokrývkou

o > 0,8 - počet jasných dní

o < 0,2 - počet zatažených dní

Obr. 2.3 - Klimatické jednotky [6]

Průměrné roční úhrny srážek se pohybují v rozmezích 750 – 800 mm, v letech 1901 – 1980 byl průměr 776 mm srážek ročně. Sněhová pokrývka se vyskytuje na území po dobu cca 70 dní v roce.(obr 2.4.) [14]



Obr. 2.4 - Teplota v jednotlivých měsících po dobu 30let [14]

Obr. 2.5 znázorňuje meteorologické rekordy ze stanice Valašské Meziříčí od roku 1957 až do roku 2015.

Vybrané meteorologické rekordy ze stanice Valašské Meziříčí (1957-2015):

maximální teplota	36,6 °C	8. 8. 2013 / 9. 8. 2015
minimální teplota	-26,6 °C	7. 1. 1985
minimální přízemní teplota	-32,4 °C	7. 1. 1985
maximální průměrná denní teplota	29,4 °C	29. 7. 2013
minimální průměrná denní teplota	-23,1 °C	12. 1. 1987
maximální průměrná měsíční teplota	22,5 °C	srpen 1992
minimální průměrná měsíční teplota	-10,2 °C	leden 1963
maximální průměrná roční teplota	10,2 °C	2014
minimální průměrná roční teplota	6,6 °C	1980
maximální denní úhrn srážek	159,4 mm	6. 7. 1997
maximální měsíční úhrn srážek	515,0 mm	červenec 1997
minimální měsíční úhrn srážek	0,1 mm	listopad 2011
maximální roční úhrn srážek	1 160,3 mm	1997
minimální roční úhrn srážek	386,7 mm	2015
maximum nového sněhu za 24 hodin	40 cm	29. 12. 2005
maximální náraz větru *	19 m/s	25. 12. 2003
maximální sněhová pokrývka	79 cm	13. 2. 2006
první sněžení (sníh roztál)	—	30. 9. 1995
poslední sněžení (sníh roztál)	—	23. 5. 2004
maximální sluneční svit	326,3 hodin	září 2003
minimální sluneční svit	0,7 hodin	prosinec 1965

Obr. 2.5 - Meteorologické rekordy [7]

2.4. Hydrogeologické poměry

Zájmové území je součástí povodí Moravy. Hlavním vodním tokem severní části zájmového území je řeka Bečva, která vzniká soutokem Bečvy Vsetínské a Rožnovské. Její soutok se nachází u parku Abácie, vedle obce Poličná. Dále pramení Středobečevskou nivou k Hranicím na Moravě severovýchodním směrem. Jedná se o největší levostranný přítok řeky Moravy. Vsetínská Bečva je pak osou jižní části zájmového území. Do Vsetínské Bečvy se v zájmovém území vlévá několik drobných vodotečí. Síť vodotečí je poměrně hustá a vodní toky jsou uspořádány v pravoúhlé říční síti. Říčka Loučka je první levostranný přítok Bečvy, pramenící v Loučské brázdě. Ve městě Valašské Meziříčí přitéká do Bečvy zprava Černý potok

a Jasenický potok. U obce Choryně ústí pravostranný přítok říčky Juhyně a pravostranný přítok potoku Mřenka, dále Loučský, Milotocký a Hluzovský potok. [8] [1]

Hydrogeologické charakteristiky Bečvy (spojené)

Č. hydrogeologického pořadí	4-11-02-001
Plocha povodí [km ²]	1625,7
Délka toku [km]	119,6
Průměrný průtok u ústí [m ³ /s ⁻¹]	17,5

a) Vsetínská Bečva

Vsetínská Bečva pramení ve Vsetínských vrších pod vrchem Čarták v nadmořské výšce 870 m.n.m. Směr jejího toku míří nejprve jižním směrem, poté se mírně otáčí jihozápadním směrem a ve Vsetíně se stáčí na sever. Vodní tok je v zájmovém území regulovaný a s relativně přírodním charakterem koryta a břehovými porosty. [8] [1]

Hydrogeologické charakteristiky

Č. hydrogeologického pořadí	4-11-01-001
Plocha povodí [km ²]	734,4
Délka toku [km]	58,4
Průměrný průtok u ústí [m ³ /s ⁻¹]	9,21

b) Rožnovská Bečva

Rožnovská Bečva pramení ve Vsetínských vrších na severním úbočí hory Vysoká (1024 m) v nadmořské výšce 910 m.n.m. Od pramene teče západním směrem přes Rožnov pod Radhoštěm do Valašského Meziříčí. Tok je regulovaný a břehové porosty jsou nespojitě a omezené na úzký pás. [8] [1]

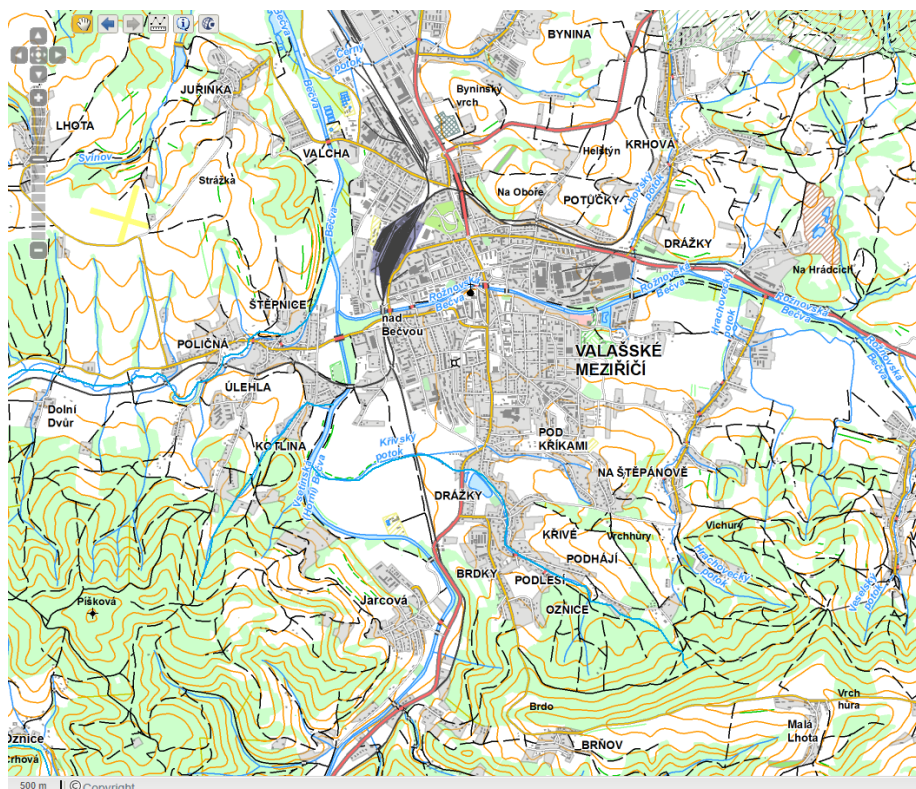
Hydrogeologické charakteristiky

Č. hydrogeologického pořadí	4-11-01-094
Plocha povodí [km ²]	254,3
Délka toku [km]	37,6
Průměrný průtok u ústí [m ³ /s ⁻¹]	3,91

Přeložka silnice I/57 je převážně ovlivněna pravým tokem zprvu Vsetínské Bečvy a následně pravostranným tokem Bečvy spojené. Vzdálenost trasy komunikace od stávajícího koryta řeky činí jen několik desítek metrů, převážně v úseku od 2,85 km po 4,70 km. Mezi obcí Jasenná a Valašské Meziříčí se při pravém břehu řeky Vsetínské Bečvy nachází úpravovna vod Valašské Meziříčí. Vsetínská Bečva je hlavním zdrojem pitné vody pro zásobování 4 měst a 15 obcí okresu Vsetín a 4 obcí okresu Přerov, je tedy potřebná ochrana vodního toku.[19]

Vzhledem k tomu, že zájmové území patří k nejvodnějším v rámci České republiky a Vsetínská Bečva má nevyrovnaný režim průtoků, docházelo v minulosti i v současnosti k záplavám. K rozsáhlým rozlivům dochází při Q_{100} , kdy je zaplavena značná část říční nivy a dochází k záplavě průmyslových areálů ve Valašském Meziříčí a bytové zástavby v obci Poličná a Jarcová. [1]

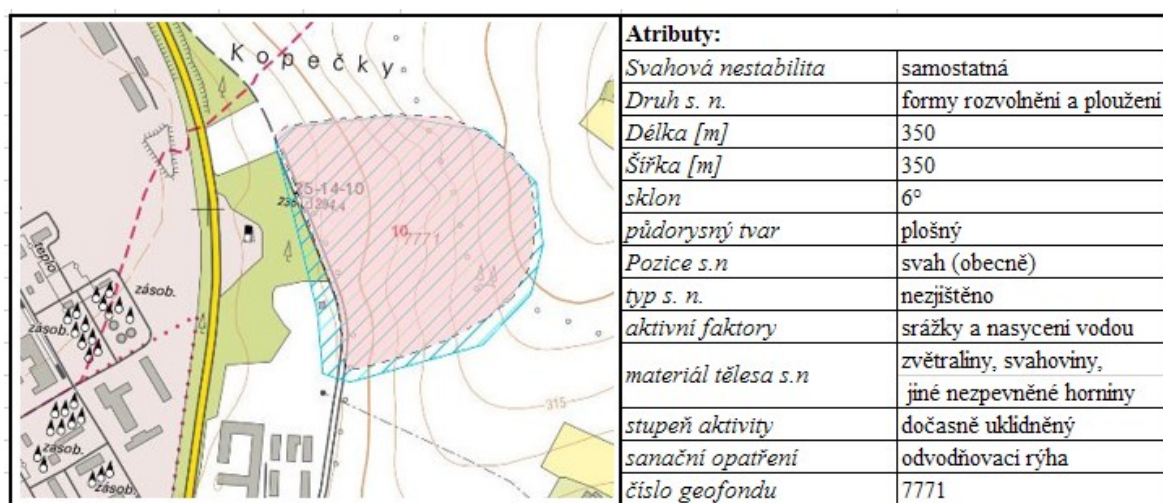
Největší přítok do vrtů na trase stavby byly převážně z rozpukaných jílovců nebo z úseků, kde se střídal pískovec s jílovcem. Hladina podzemní vody je ve většině případech hladina volná a nachází se v několika málo metrech pod povrchem terénu.



Obr. 2.6 - Povodí Moravy, tok Bečvy [10]

2.5. Geodynamické poměry

Podél trasy I/57 se nachází několik svahových nestabilit. V úseku od 0,2 km do 1,0 km se nacházejí dvě svahové nestability. Svahová nestabilita ve staničení 1,0 km je znázorněna na obr. č. 2.7.



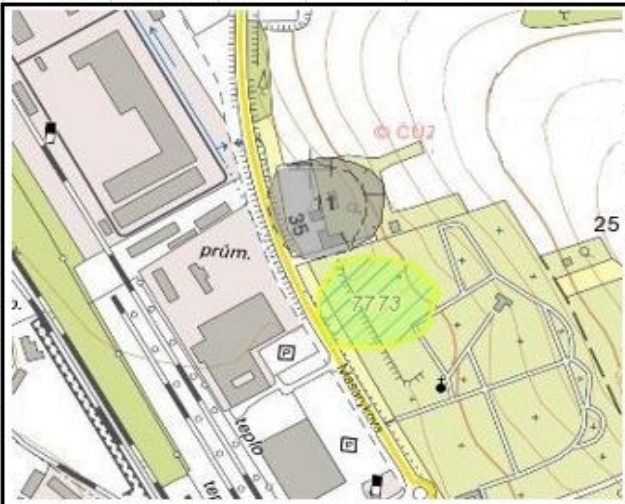
Obr. 2.7 - Svahová nestabilita 7771 [16]

Výše uvedená svahová nestabilita se nachází cca 400 m západně od obce Bynina. Území bylo v minulosti pravděpodobně postiženo plouživými mělkými pohyby, nynější postižení je způsobeno převážně plošnou erozí, které nezpůsobuje výrazné omezení a je bez odlučných ploch a akumulací. Její rozměr je přibližně 350 x 350 m, se sklonem 6°. Sanačním opatřením je zde uměle vytvořená odvodňovací rýha, odvádějící zachycenou vodu do systému rokli (jev 25-14-10-2). Území je využíváno jako obdělávané pole, které je vidno na obrázku 2.8. [16]



Obr. 2.8 - Svahová nestabilita 7771 (05/2017)

Další svahová nestabilita se nachází v blízkosti větve Vsetín – Rožnov, cca 470 m západně od Byninského Vrchu (viz zeleně šrafovaná plocha na obr 2.9). Jedná se o staré, v současnosti zklidnělé sesuvné území. Nabývá rozměrů cca 115 x 135 m (š x dl) se sklonem 12°. V odlučné oblasti jsou patrné dvě odlučné plochy. Obě dosahují výšky 3,5 až 4 m. Území je zcela přemodelováno, obhospodařeno a zastavěno. V místě akumulace v těsném sousedství silnice je rozsáhlá mokřina, ze které vytéká potok. JZ od území se nachází hřbitov, je též přemodelováno lidskou činností, avšak nelze vyloučit v minulosti postižení sesuvy, obr. 2.9 a 2.10. [16]

	Atributy:	
	Svahová nestabilita	složená
	Druh s. n.	sesuvy
	Délka [m]	135
	Šířka [m]	115
	sklon	12°
	půdorysný tvar	plošný
	Pozice s.n	svah (obecně)
	typ s. n.	nezjištěno
	aktivní faktory	srážky a nasycení vodou
	materiál tělesa s.n	zvětraliny, svahoviny, jiné nepevněné horniny
	stupeň aktivity	stabilizovaný/zastavěný
	výška odlučné stěny [m]	3,5 - 4
	číslo geofondu	7773

Obr. 2.9 - Svahová nestabilita 7773 [16]



Obr. 2.10 - Svahová nestabilita 7773, hřbitov Valašské Meziříčí

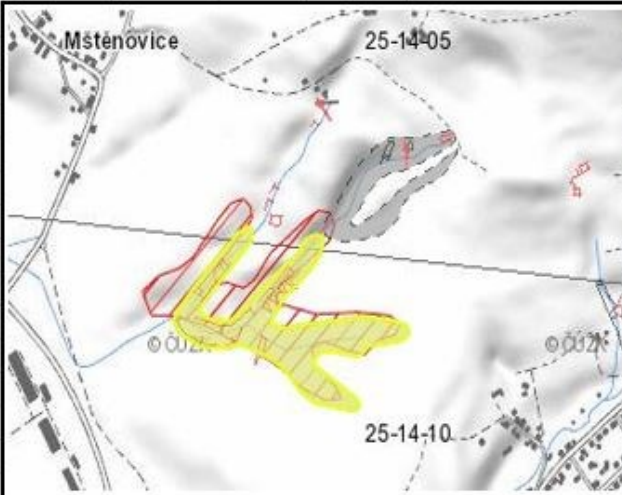
Níže uvedená svahová nestabilita (obr.2.11) se nachází v katastrálním území Krásno nad Bečvou. Jedná se o aktivní frontální mělký sesuv s planární smykovou plochou na louce před odbočkou vedoucí z Valašského Meziříčí do Byniny. V horní části sesuvu je pravděpodobný další vývoj zatrháváním do svahu. Spodní část je stabilní. Ve spodní části

existuje opěrná zeď a v dolní polovině svahu jsou gabiony. Je doporučeno zmírnit sklon svahu. [16]

	Atributy:	
	<i>Svahová nestabilita</i>	samostatná
	<i>Druh s. n.</i>	sesuvy
	<i>Délka [m]</i>	18
	<i>Šířka [m]</i>	20
	<i>sklon</i>	22°
	<i>odhadnutá mocnost s.n</i>	mělká 1 - 5 m
	<i>půdorysný tvar</i>	bodový
	<i>police s.n</i>	svah (obecně)
	<i>aktivní faktory</i>	srážky a nasycení vodou
	<i>materiál tělesa s.n</i>	zvětraliny, svahoviny, jiné nezpevněné horniny
	<i>stupeň aktivity</i>	aktivní
	<i>Ohrožené objekty</i>	plynovod
	<i>Kategorie ohrožení</i>	kategorie II. (B)

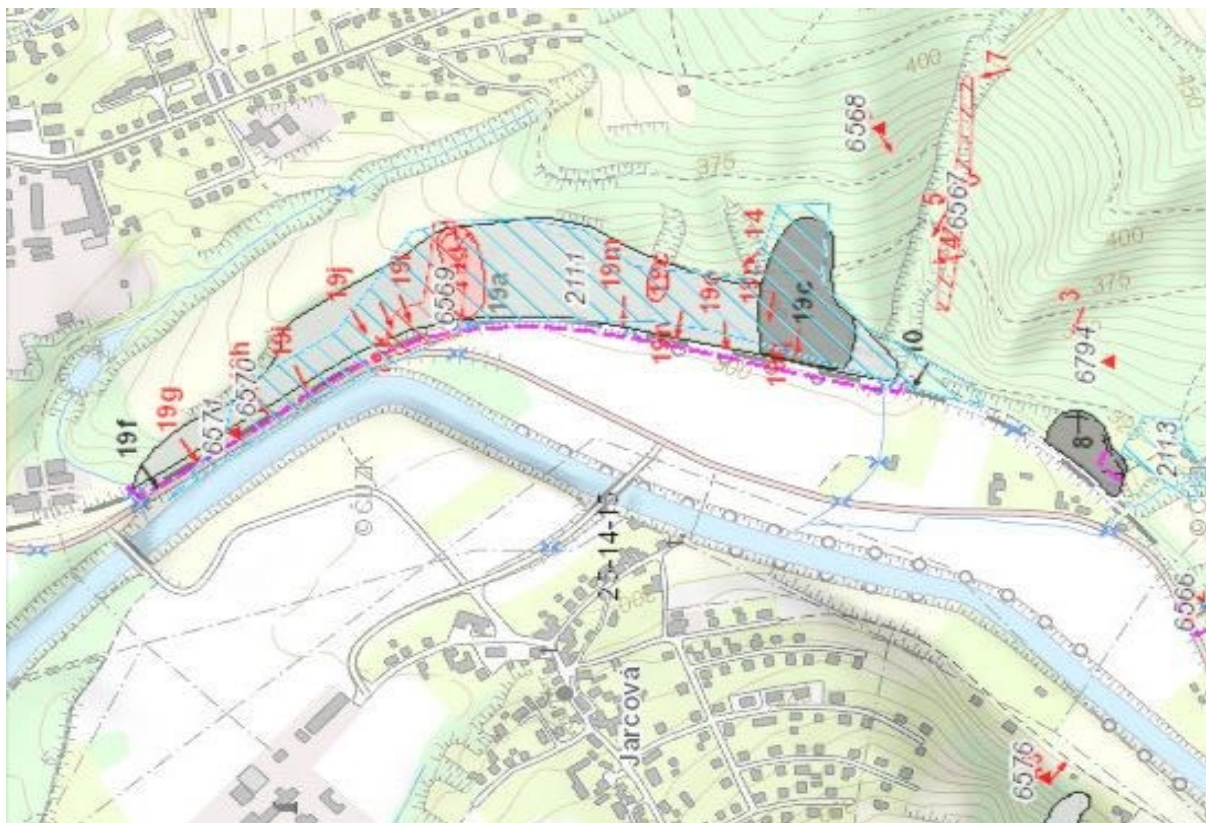
Obr. 2.11 - Svahová nestabilita 39 [16]

Další svahová nestabilita v zájmovém území se nachází přibližně 300 m západně od osady Paseky v obci Bynina. Jedná se o aktivní erozi a drobné erozní sesouvání. Čerstvé i starší příčné erozní rýhy vznikly splachy z okolních polí. (obr 2.12)

	Atributy:	
	<i>Svahová nestabilita</i>	složená
	<i>Druh s. n.</i>	vodní eroze
	<i>Délka [m]</i>	150
	<i>Šířka [m]</i>	600
	<i>půdorysný tvar</i>	fronální
	<i>Pozice s.n</i>	erozní zářez
	<i>typ s. n.</i>	nezjištěno
	<i>aktivní faktory</i>	změna geometrie svahu vodní eroze srážky a nasycení vodou
	<i>materiál tělesa s.n</i>	zvětraliny, svahoviny, jiné nezpevněné horniny
	<i>stupeň aktivity</i>	aktivní
	<i>číslo geofondu</i>	7755

Obr. 2.12 - Svahová nestabilita 7755 [16]

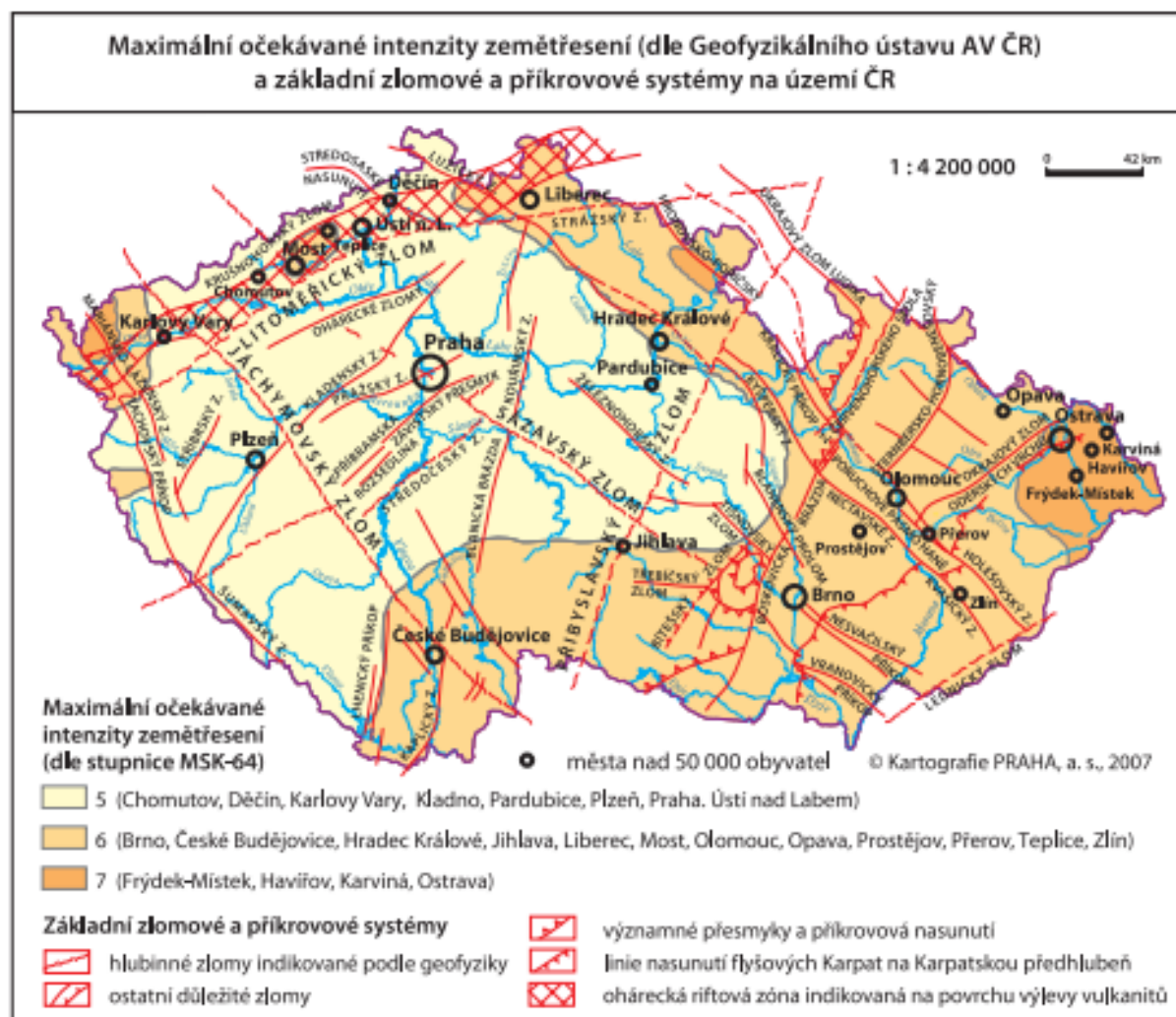
Posledním uvedeným sesuvným územím je svahová nestabilita u obce Jarcová. Jedná se o plošný sesuv. Faktorem je rozbídnutí zemín s příčinou vodních srážek. V zářezu trati dochází k malým pohybům svahové suti, které se projevují mírným zvlněním terénu. Sesuvy jsou suché. (obr 2.13) [16]



Obr. 2.13 - Svahová nestabilita - Jarcová [16]

2.6. Seismická území

Území České republiky lze ze seizmologického hlediska charakterizovat jako poměrně klidnou oblast, kde nehrozí žádná velká zemětřesení a nepostihla by rozsáhlejší oblasti. Zájmová oblast spadá dle stupnice MSK-64 do oblasti, kde může dojít k zemětřesení o intenzitě 6 (obr.2.13). [22]



Obr. 2.14 - Geofyzikální ústav AV ČR [22]

3. Zhodnocení území a výběr vhodných referenčních míst

3.1. Geotechnický průzkum a vymezení geotechnických typů

V rámci geotechnického průzkumu provedeného firmou INSET s.r.o. byly zhotoveny laboratorní a terénní zkoušky. Jejich úkolem bylo provést charakteristiku zemin na trase. Veškeré zkoušky byly prováděny dle českých norem nebo dle obecně uznávaných metodik. V průběhu vrtných prací bylo odebráno 119 vzorků pro laboratorní zkoušky, z toho bylo 35 neporušených, 2 poloporušené, 54 porušených, 6 technologických a 22 vzorků podzemních vod. [21]

Na vzorcích zemin byly zjišťovány vlhkost, objemová hmotnost v přirozeném stavu, objemová hmotnost po vysušení a další zkoušky pro stanovení zrnitosti a Atterbergových mezí. Pevnostní a přetvárné parametry zemin, byly stanoveny v místech budoucích vysokých násypů a plánovaných mostních objektů. [21]

Z 22 vzorků podzemní vody bylo vybráno 15 vzorků, na kterých byl proveden chemický rozbor. Převážně byl sledován druh a stupeň agresivity kapalného prostředí. Na třech vzorcích se projevila přítomnost CO_2 , v maximálním zastoupení 47,0 mg/l. Zjištění agresivity tuhého prostředí nebylo považováno za nutné. Důvodem byly nezjištěné výkvěty nebo povlaky sloučenin, které by agresivitu mohly prokázat. Celkem bylo provedeno 13 terních presiometrických zkoušek. [21]

V rámci celého geotechnického průzkumu bylo zájmové území vymezeno do jednotlivých geotypů, které mají obdobné mechanicko-fyzikální vlastnosti. Vymezení bylo provedeno na základě makroskopického popisu vrtných jader, startigrafického a genetického zařazení jednotlivých typů zemin a výsledků terénních a laboratorních zkoušek. [21]

Celé území bylo následně rozděleno do 23 geotechnických typů (tab. 3.1). Podle litologického složení jsou jednotlivé genetické typy rozděleny do základních geotechnických typů GT3 až GT14B. Součástí základních geotechnických typů jsou i navážky GT1 a ornice GT2. Celá zájmová oblast je pokryta humózní vrstvou. Tato vrstva bude před zahájením výstavby odstraněna a skladována na deponiích pro pozdější využití. [21]

Na základě provedených laboratorních zkoušek a rešerše archivních výsledků laboratorních zkoušek byly stanoveny vybrané fyzikální parametry zemin (objemová hmotnost, vlhkost, vlhkost na mezi tekutosti, stupeň nasycení, stupeň konzistence, hydraulická vodivost). U všech

fyzikálních parametrů byly vyhodnoceny minimální, maximální a průměrné hodnoty pro jednotlivé geotechnické typy. [21]

Tab. 3.1 - Přehled geotypů [21]

Genetický původ zemin a stratigrafické zařazení hornin			Litologická charakteristika	Zatřídění dle ČSN 73 6133	Geotyp
Kvartér	Holocén	Antropogenní sedimenty	Navážky, tělesa stávajících komunikací	Y, MSY, CSY, CIY, CLY, GMY, GCY	GT1
		Ornice	Orniční vrstvy, hlíny humosní	MIO, CIO, MLO, CLO	GT2
		Fluviální jemnozrnné sedimenty	Hlíny a písky svrchního nivního horizontu	S3 (S4)	GT3
			Jíly fluviální	F6 CI (F7 MH)	GT4A
			Jíly písčité	F3, F4	GT4B
	Pleistocén	Fluviální sedimenty	Jíly	F6 (F8)	GT5A
			Jíly písčité	F4	GT5B
			Písky s malým obsahem jemnozrnné příměsi	S3	GT6A
			Písky hlinité a jílovité	S4 (S5)	GT6B
			Štěrk s malým obsahem jemnozrnné příměsi	G3 (G1)	GT7A
			Štěrk hlinité a jílovité	G4 (G5)	GT7B
		Eolicko - deluviální sedimenty	Jíly a hlíny střední plasticity	F6 CI (F8 CH)	GT8
		Deluviální, deluviofluviální sedimenty	Jíly vysoce plastické	F8	GT9A
			Jíly středně plastické	F6	GT9B
			Jíly písčité s ojedinělými štěrky	F4	GT9C
			Jíly s příměsí štěrků až jíly štěrkovité	F2	GT9D
			Písky hlinité a jílovité	S4, S5	GT10
			Štěrk hlinité, jílovité - deluviální zeminy štěrkovité	G4, G5 (G3)	GT11
			Jíly středně a vysoce plastické, ojedinělé valouny a úlomky pískovců	F6 (F8)	GT12
Terciér	Paleogén	Marinní sedimenty	Jílovce prachovité, zcela zvětralé, s podružnými úlomky	R6	GT13A
			Jílovce velmi až mírně zvětralé	R5	GT13B
			Pískovce (prachovce) a slepence velmi až mírně zvětralé	R5, R4	GT14A
			Zdravé pískovce, málo rozpukané	R3, R2	GT14B

3.2. Použitelnost zemin pro stavbu zemního tělesa

Dle ČSN 73 6133 se zeminy dělí do skupin – vhodné, podmíněčně vhodné, nevhodné, nepoužitelné. Zemina pro stavbu zemního tělesa musí splňovat následující:

- $w_l > 50 \%$ nebo $I_c \leq 0,5$ nebo $\rho_{d,max,PS} < 1500 \text{ kg/m}^3$ (násyp) a $\rho_{d,max,PS} < 1600 \text{ kg/m}^3$ (aktivní zóna), v opačném případě se zemina musí upravit,
- objemově nestabilní zeminy a horniny (např. bobtnavé jíly), u kterých bude při normálních klimatických podmínkách docházet k objemovým změnám větší než 3%,
- v případě že se hodnota w_n nenachází v přípustném intervalu vlhkosti a tato vlhkost nelze ovlivnit, tudíž zemina nelze zpracovat nebo v případě že se jedná o zeminy stejnorodé (např. vátý písek), je nutné tuto zeminu upravit,

Zemina se též musí posoudit dle účelu umístění. V případě že se jedná o aktivní zónu, musí se posoudit podle Kalifornského poměru únosnost (CBR). V případě že hodnota CBR (po sycení ve vodě po dobu 96hod) je rovna min. 15% pro PIII, 30% pro PII a 50% pro PI, kde PIII, PII a PI jsou typy podloží uvedené v technické podmínce TP 170. Použití zeminy do násypu se musí posoudit podle IBI (Immediate bearing index)³ a při použití zeminy do ztužujících vrstev u vrstevnatého násypu podle CBR. V případě, že hodnota IBI je min. 10 % (násyp) a 5% (podloží násypu) a hodnota CBR, po nasycení vodou po dobu 96 hod, min. 10 % lze zeminu použít. [2]

V rámci posouzení použitelnosti zeminy do násypu a aktivní zóny byly odebrány z vrtů vzorky z různé hloubky a s proměnlivou mocností, které byly vyhodnoceny dle ČSN 73 6133 na použitelnost do tělesa násypu a do aktivní zóny, podle toho byly zeminy vyhodnoceny převážně jako nevhodné, popř. podmíněčně vhodné k přímému použití bez úpravy. [21]

Tab. 3.2 - Vhodnost podloží dle TP 170 [11]

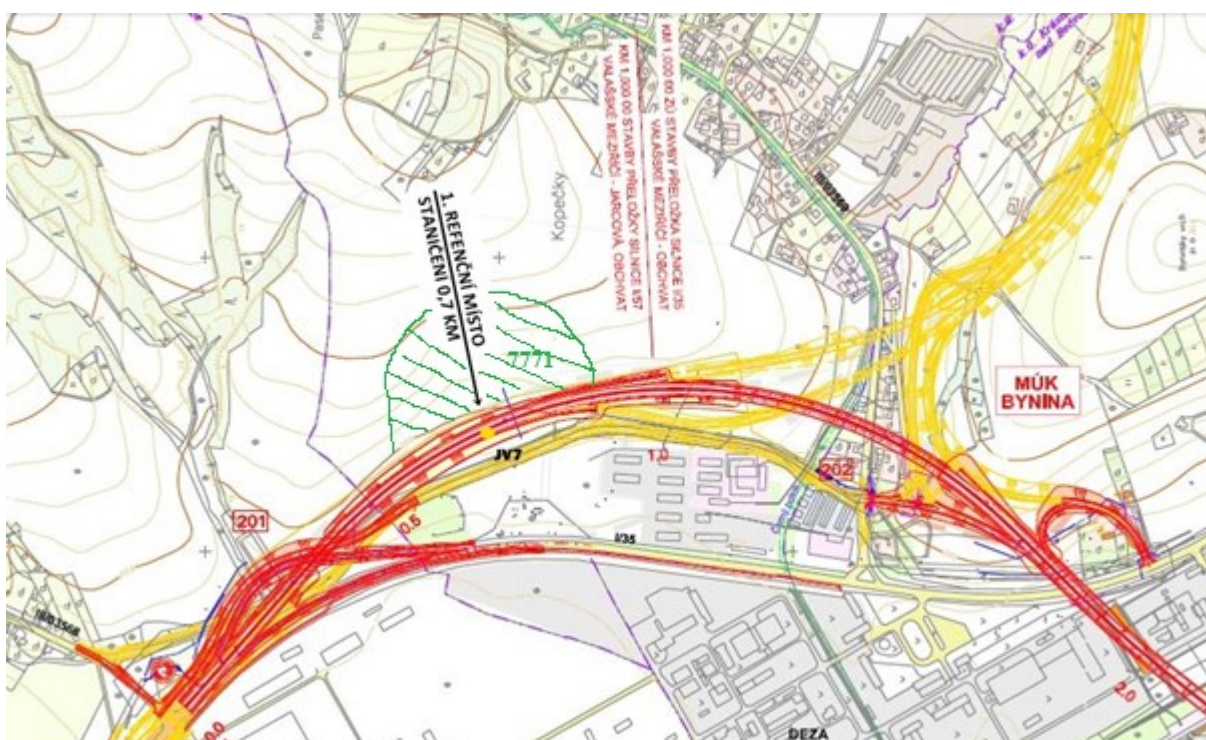
Typ podloží	Návrhový modul pružnosti	Minimální modul přetvárnosti	Namrzavost podloží
P I	120 MPa	90 MPa	nenamrzavé
P II	80 MPa	60 MPa, 45 MPa	mírně namrzavé až namrzavé
P III	50 MPa	45 MPa, 30 MPa	nebezpečně namrzavé

³ Okamžitá hodnota Kalifornského poměru únosnosti bez použití zatěžovacího prstence. IBI se zjišťuje krátce po úpravě zeminy. [4]

3.3. Výběr referenčních míst

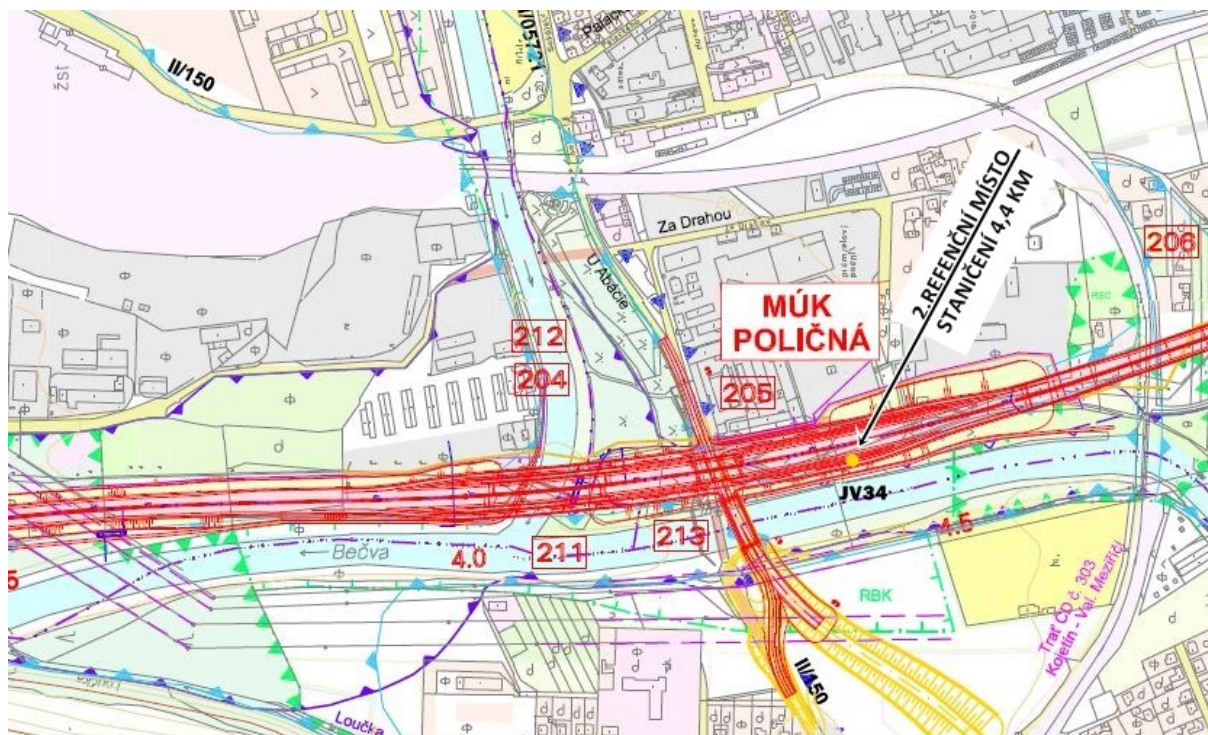
V rámci diplomové práce byla vybrána 3 místa na trase projektované rychlostní komunikace I/57.

První referenční místo se nachází ve staničení 0,7 km, k němu odpovídá vrt JV7 (obr. 3.1). Koruna vrtu se nachází v nadmořské výšce 296,91 m.n.m. Hloubka vrtu činí 7,00 m, hladina podzemní vody se nachází 2,773 m pod terénem. V blízkosti zvoleného vrtu se nachází svahová nestabilita 7771 (zeleně vyšrafovaná plocha). Vzhledem k návrhu zde bude vybudován násyp výšky do 6 m.

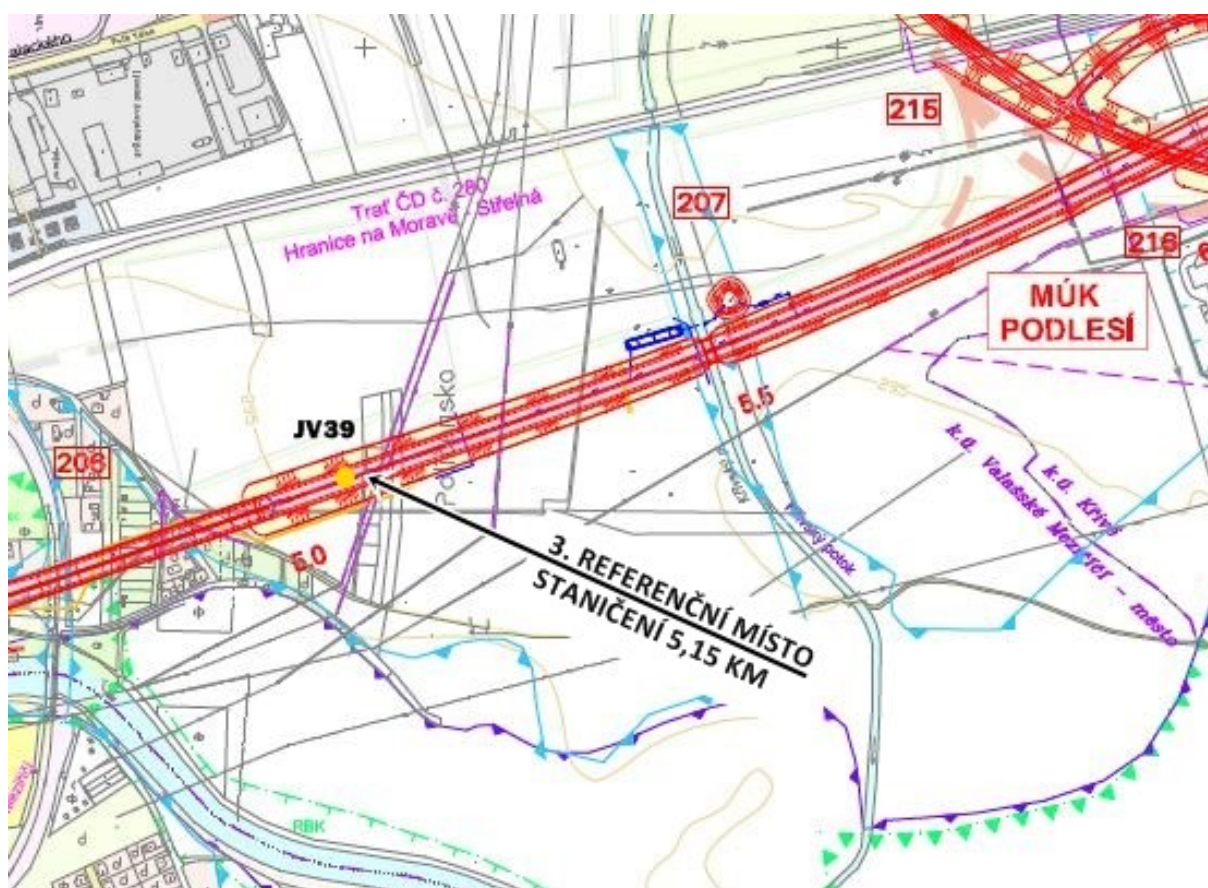


Obr. 3.1 - Referenční místo č. 1

Druhé zvolené místo se nachází ve staničení 4,4 km s odpovídajícím vrtem JV34 (obr. 3.2). Nadmořská výška koruny vrtu činí 289,07 m. n. m. Vrt dosahuje do hloubky 12 m, hloubka ustálené hladiny podzemní vody se nachází 2,5 m pod původním terénem. Kóta nivelety je ve výšce 300,48 m.n.m., tudíž navrženým zemním tělesem bude násyp. Výška násypu je navržena nad 10 m.



Obr. 3.2 - Referenční místo č. 2



Obr. 3.3 - Referenční místo č. 3

Ve staničení 5,15 km se nachází třetí vybrané referenční místo (obr. 3.3). K němu odpovídající vrt JV39, jehož hloubka dosahuje 9 m. Hladina ustálené podzemní vody dosahuje hloubky 2,6 m pod stávajícím terénem. Nadmořská výška vrtu je 295,48 m.n.m, a kóta nivelety trasy je navržena v nadmořské výšce 300,58 m.n.m. Výška násypu v tomto staničení bude nad 6 m.

3.4.Podloží násypů a jeho geotechnické parametry

V tabulce tab. 3.3 jsou uvedeny hodnoty vybraných odvozených geotechnických charakteristik zemin, které jsou potřebné pro výpočet. Tabulka je rozdělena dle jednotlivých vrtů. V přílohách I až III je znázorněna geologická dokumentace jednotlivých vrtů.

V případě, že se pod tělesem násypu nachází nevhodné zeminy, navrhne se opatření na úpravu podloží k zajištění požadované míry zhutnění dle ČSN 73 6133. Mezi účinná opatření patří např.:

- Výměna nevhodné vrstvy za vhodnou,
- roznášející polštáře z propustného materiálu (písek, štěrk, kamenivo), vyztužené nebo prosté,
- odvedení vody drenážními konsolidačními rýhami, plošnými nebo vertikálními drény,
- vyztužení podloží geosyntetickými prvky.

V případě, že se hladina podzemní vody (HPV) nachází nad úrovní základové spáry násypu, musí být část násypu pod HPV vystavěna z hrubozrnného materiálu s hydraulickou vodivostí $k_f > 10^{-3}$ m/s. [2]

Pro diplomovou práci byla zvolena úprava podloží pomocí roznášecího polštáře. Jedná se o konstrukce vrstvy výztužných geosyntetik (geotextílie) a dobře zrněné vrstvy. Vzájemné spolupůsobení mezi geotextílií a zrný štěrkové vrstvy vzniká roznášecí deska, která tvoří sanační kvazihomogenní zeminovou desku. Její výhodou je zajištění rovnoměrného sedání násypu a také snížení celkového sednutí. Deska slouží také jako plošný drén, který zajišťuje odvodnění prostoru pod násypem a zlepšuje vlastnosti základové půdy. [2]

Na trase budou sejmuty navážky, tělesa stávajících komunikací a ornice, geotyp GT1 a GT2 s proměnlivou výškou na trase od 0,30 m do 1,3 m, která bude následně použita na zarovnání terénu po dokončení stavby. Následně se terén urovná do příčného příčného sklonu, tj 3 %.

Tab. 3.3 - Vybrané odvozené geotechnické charakteristiky zemin [21]

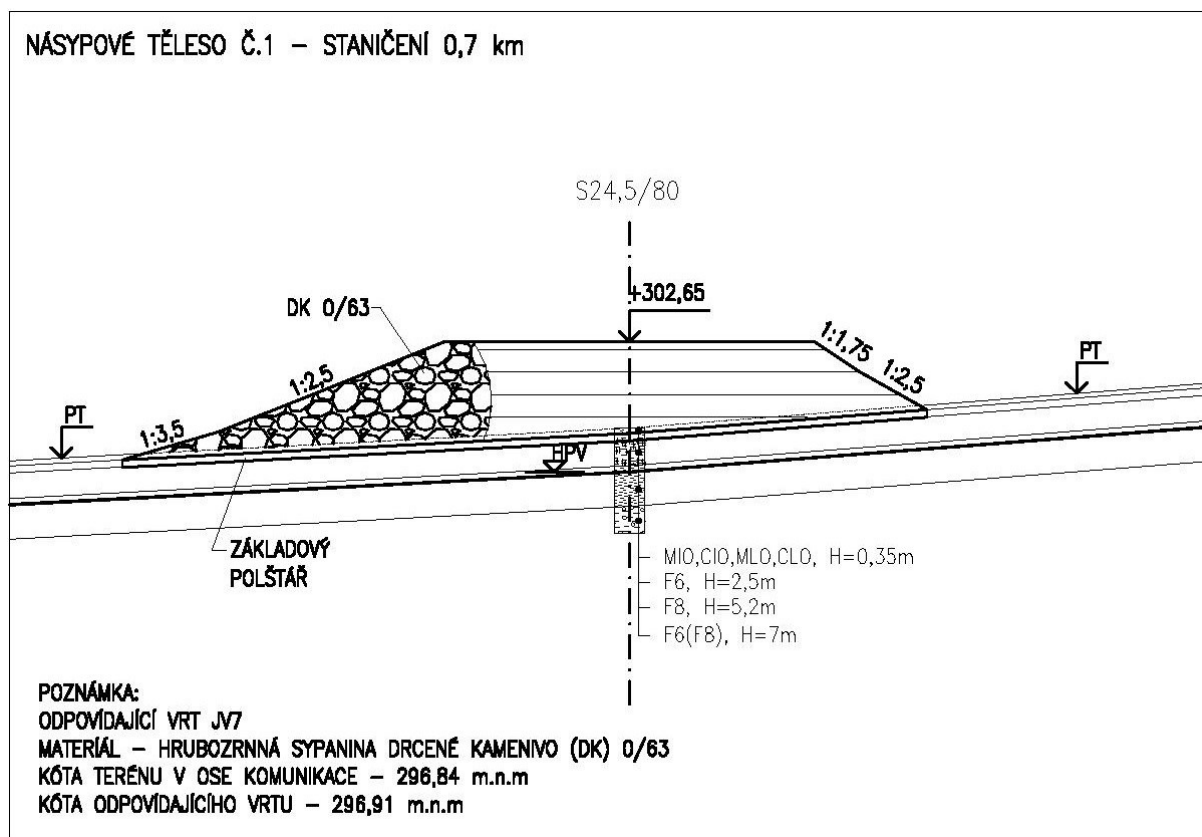
Odpovídající vrt		JV7			JV34					JV39				
Geotechnický typ (dle ČSN 736133)		GT8 (G4/G5)	GT9A (F8)	GT12 (F6/F8)	GT4A (F6)	GT7A (G3)	GT7B (G4)	GT13A (R6)	GT13B (R5)	GT4A (F6)	GT5B (F4)	GT6B (S4)	GT7A (G3)	GT13A (R6)
Objemová tíha γ [kN/m ³]		20,5	20	20	20	19	19	18	20	20	18	18	19	18
Hydralická vodivost k_r [m/s]		4,71E-09	1,97E-10	4,22E-09	3,95E-10	3,77E-05	3,11E-04	4,87E-10	1,30E-09	3,95E-10	3,87E-08	8,89E-07	3,77E-05	4,87E-10
Přetvárné charakteristiky	Modul přetvárnosti E_{def} [MPa]	3	3	3	4	90	50	10	16	4	5	12	90	10
	Poissonovo číslo ν [-]	0,4	0,42	0,4	0,4	0,25	0,3	0,3	0,3	0,4	0,35	0,3	0,25	0,3
Smyková pevnost	Soudržnost c_{ef} [kPa]	4	6	8	12	1	2	27	80	12	14	1	1	27
	Úhel vnitřního tření φ_{ef} [°]	17	13	15	17	33	28	20	25	17	22	26	33	20

4. Návrh násypů na vytipovaných lokalitách.

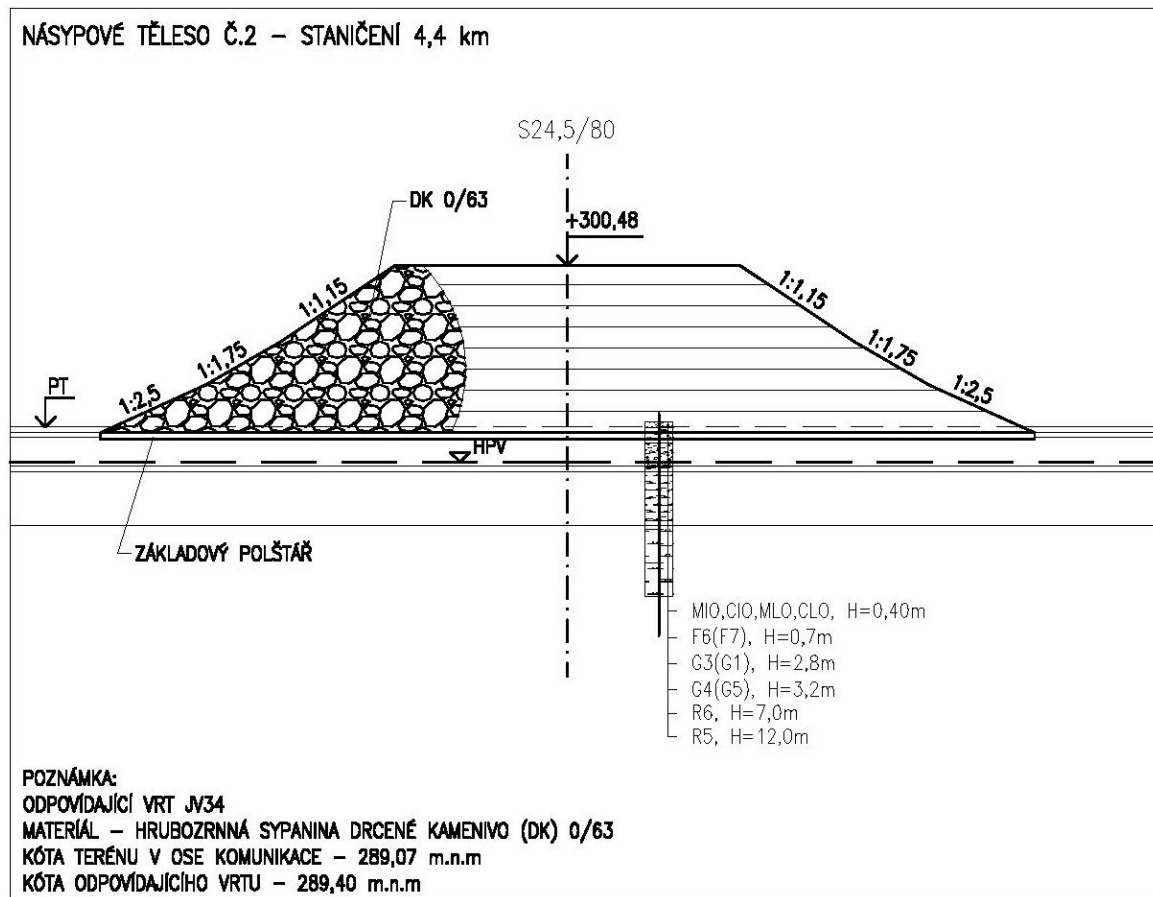
Na všech třech zvolených místech bude navrženo násypové těleso. Jednotlivé tvarové znázornění násypu je zobrazeno na obr. 4.1 až 4.6. Tvar násypového tělesa odpovídá zásadám a požadavkům ČSN 73 6133 (odstavec 5.3.1.). V této normě jsou doporučeny násypové svahy odstupňované podle výškových pásem ve sklonu, v pásu do 3 m v poměru 1:2,5, v pásu od 3 m do 6 m v poměru 1:1,5 (při výšce násypu do 6 m), resp. 1:1,75 (při výšce násypu nad 6 m) a v pásu od 6 m výše se sklonem 1:1,5. V příloze I až III jsou zakresleny odpovídající vrtý násypů.

Tvar násypů v druhém a třetím řešeném úseku respektuje doporučení ČSN 73 6133. U prvního násypu při postupu dle doporučených sklonů v ČSN 73 6133 nebylo dosaženo dostatečné stability, a proto byl navržen mírnější sklon násypového tělesa. (obr. 4.1 a obr. 4.4)

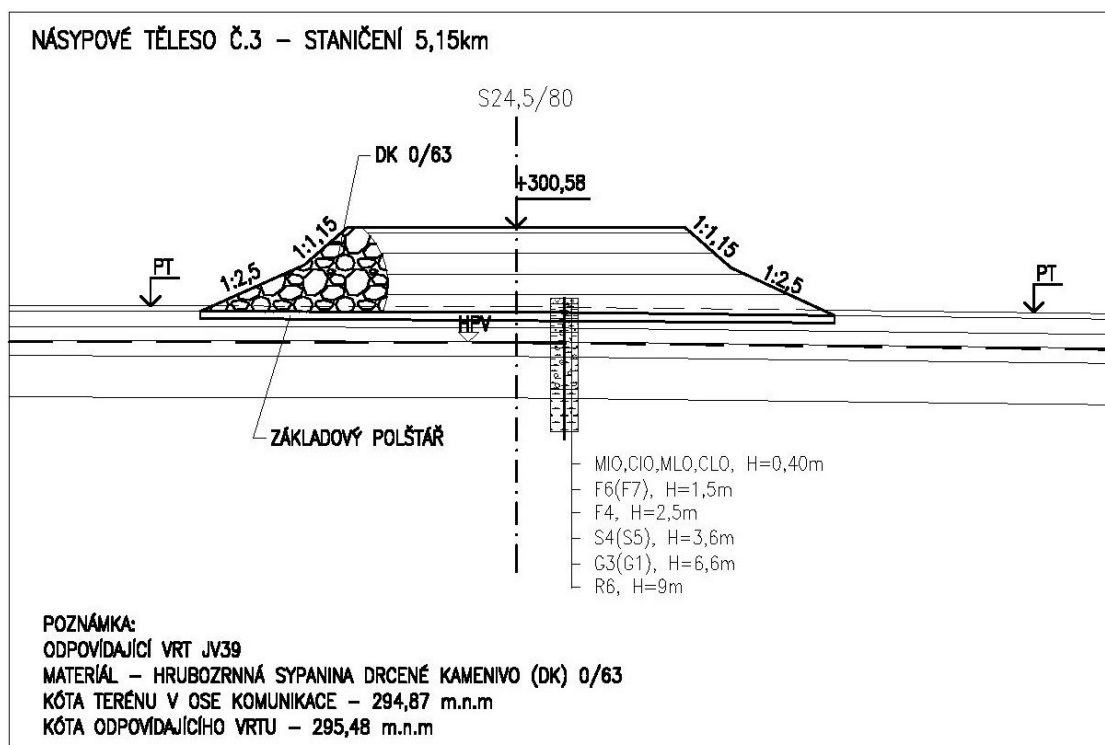
V úseku s úrovní povodňové hladiny Q100 bude do její výšky navržena vrstva hrubozrnné sypaniny frakce 0/63, viz obr. 4.5.



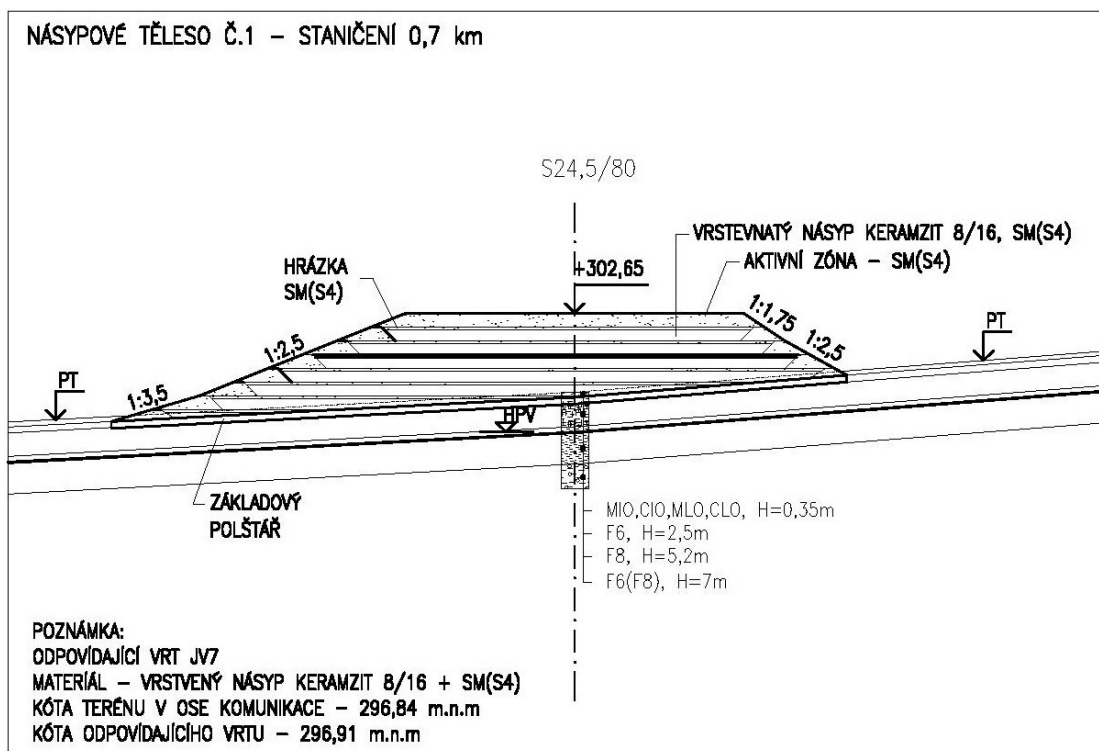
Obr. 4.1 - Návrh násypu 1, varianta I



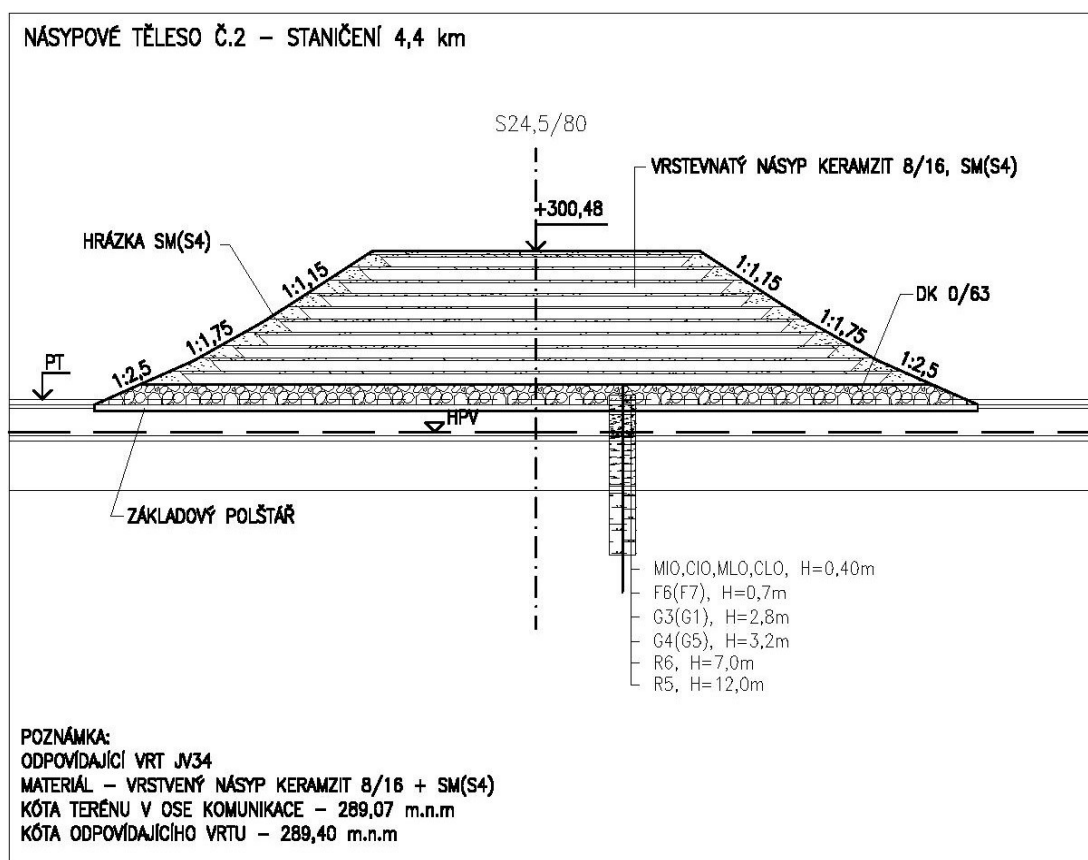
Obr. 4.2 - Návrh násypu 2, varianta 1



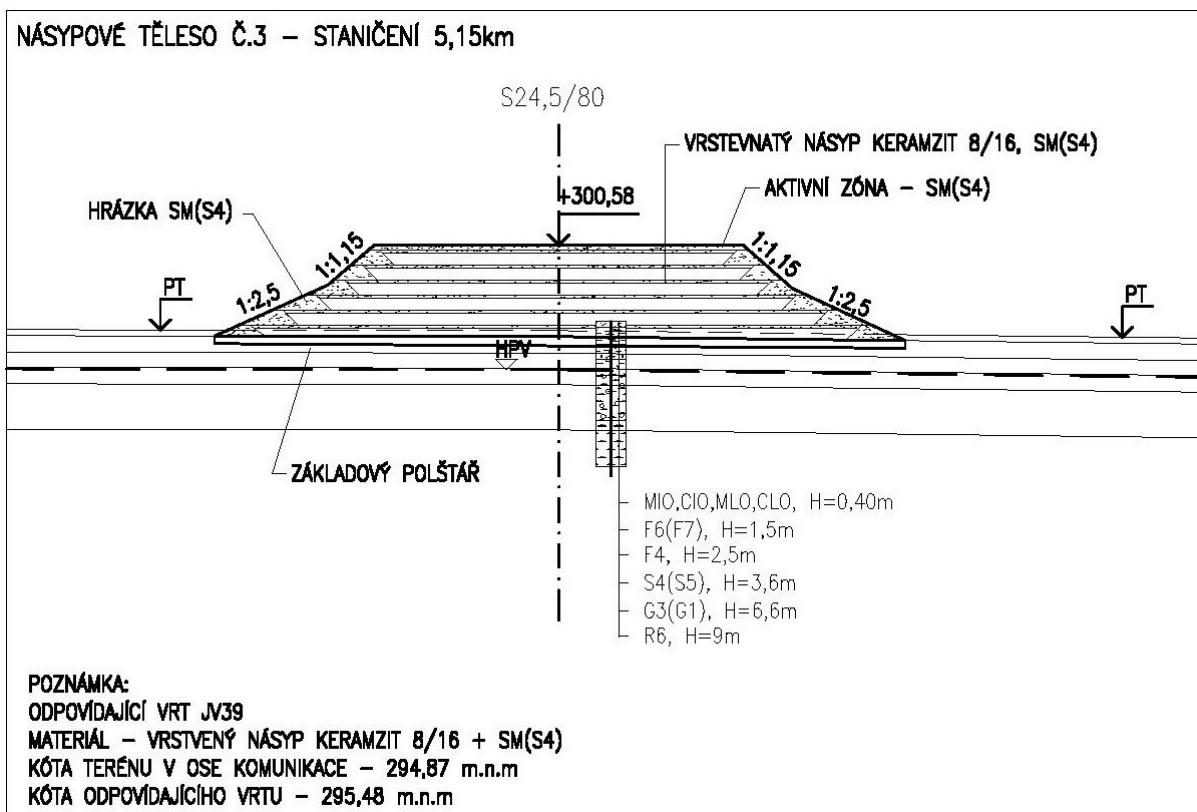
Obr. 4.3 - Návrh násypu 3, varianta 1



Obr. 4.4 - Návrh násypu 1, varianta 2



Obr. 4.5 -Návrh násypu 2, varianta 2



Obr. 4.6 - Návrh násypu 3, varianta 2

4.1. Volba materiálů do násypů

Pro tělesa násypů byly vybrány dvě materiálové varianty. Tyto varianty byly zvoleny z důvodu porovnání dvou odlišných materiálů. První variantou je drcené kamenivo (DK) frakce 0/63, které je dostupné a z ekonomického hlediska nenáročné. Druhá varianta bude provedena jako vrstvený lehčený násyp, jehož těleso bude z keramzitu a písku hlinitého. Tato varianta oproti předchozí je značně finančně náročnější, ale nezatěžuje tolik podloží a tím snižuje velikost sednutí.

Materiál aktivní zóny byl zvolen šterk s jemnozrnnou příměsí G-F (G3) – varianta 1 a písek hlinitý SM (S4) – varianta 2. Materiály jsou dle ČSN 73 6133 vhodné popř. podmíněčně vhodné pro těleso násypu a aktivní zónu. Vybrané parametry zemin potřebné k výpočtu jsou znázorněny v tabulce 4.1.

Tab. 4.1 - Parametry násypových materiálů

Materiál		drcené kamenivo 0/63	S4 (SM)	keramzit
Objemová tíha γ [kN/m ³]		20	18	5,5
Hydraulická vodivost k_r [m/s]		1,00E-06	1,00E-06	1,00E-03
Přetvárné charakteristiky	Modul přetvárnosti E_{def} [MPa]	100	8	15
	Poissonovo číslo ν [-]	0,2	0,3	0,3
Smyková pevnost	Soudržnost c_{ef} [kPa]	1	5	1
	Úhel vnitřního tření φ_{ef} [°]	38	28	38

4.1.1. Hrubozrnná sypanina

Jedním ze zvolených materiálů do násypového tělesa je hrubozrnná sypanina. Bylo zvoleno drcené kamenivo (DK) frakce 0/63.. Zdrojem sypaniny bude nedaleký kamenolom Hrabůvka. Výhodou výstavby z hrubozrnné sypaniny z kamenolomu Hrabůvka je vzdálenost, která činí 35 km.

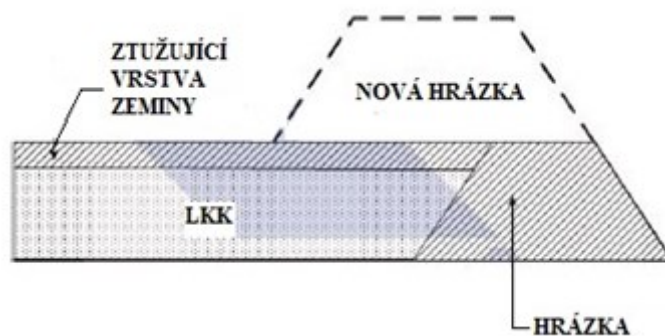
Postup výstavby a zhutnění bude realizováno dle ČSN 73 6133. Výška zhutňovací vrstvy bude 1,50 m.

4.1.2. Keramzit

Druhým uvažovaným materiálem je produkt firmy Liapor. Keramzit je lehký granulát z expandovaných jíílů. Tvar zrn je kulovitý, lehký a pevný. Má také dobré tepelně-izolační vlastnosti. Vzhledem k jeho nízké hmotnosti, násyp z keramzitu méně zatěžuje podloží, tudíž jeho použitím dochází k redukci sedání a zmírnění rizika porušení stability. Na území České republiky se Liapor do násypů použil na pozemní komunikaci R6 Nové Sedlo-Jenišov, SO 101 nebo jako atypický násyp zemní konstrukce, komunikace I/35 Hřebeč.

Pro účel diplomové práce byla zvolena frakce 8-16 mm se sypnou hmotností 275 kg/m³ a objemovou hmotností 550 kg/m³. Budou vybudovány hrázky po obou stranách výšky 1m. Vnitřní sklon hrázky bude 1:1 a vnější sklon bude navržen dle patřičného návrhu tvaru násypu dle ČSN 73 6133. Hrázka bude provedena z písku hlinitého (S4), mezi hrázky bude vložena separační geotextilie, na kterou bude do výšky 0,8 m nasypána vrstva lehčeného keramického kameniva. Na tuto vrstvu bude položena vrstva písku hlinitého (S4), mocnosti 0,2 m. Celý postup se bude opakovat až do výška násypového tělesa, které bude zakončeno aktivní zónou,

mocnosti 0,5 m (obr. 4.4). Aktivní zóna bude provedena ve dvou vrstvách, aby nedošlo k porušení kulovitých zrn keramzitu při zhutňování.[20]



Obr. 4.7 - Detail uspořádání LKK a zeminy [12]

5. Stabilitní posouzení vybraných násypů

Posouzení stability bude na plánované trase provedeno na třech příčných řezech násypovými tělesy. Mimo jiné byly provedeny také deformační a konsolidační výpočty navrhovaných zemních těles.

5.1. Charakteristika programu Plaxis

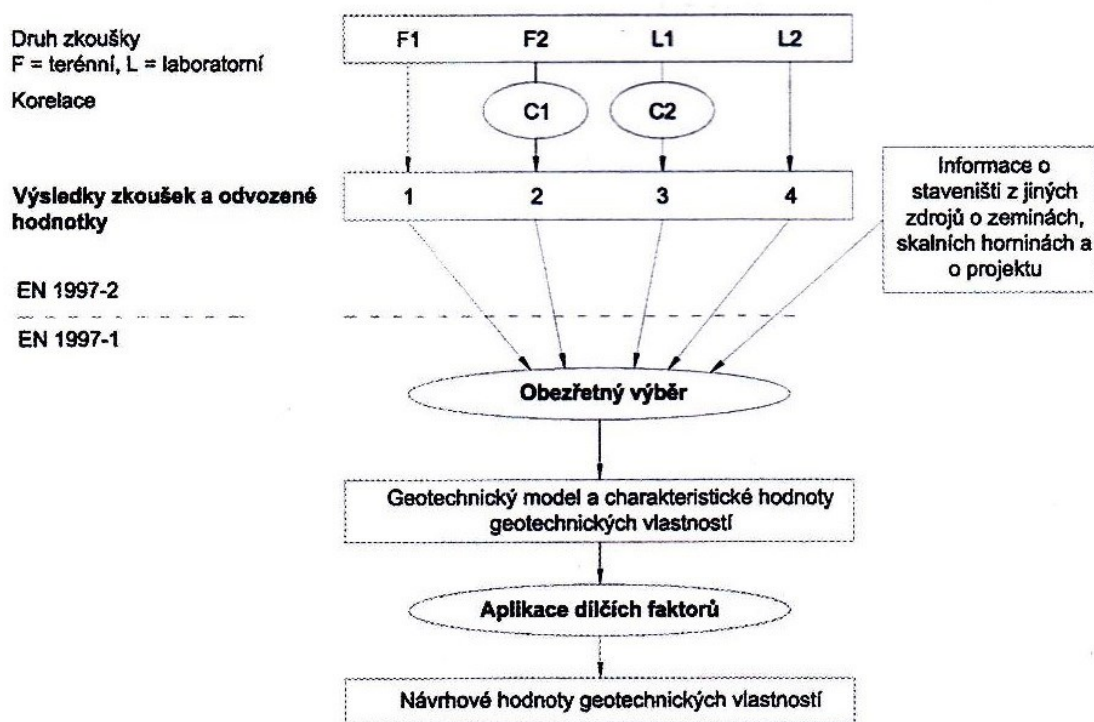
Výpočet bude proveden v softwarovém programu Plaxis 2D, jež je produktem firmy Plaxis. Plaxis 2D je dvourozměrný program pro analýzu deformace, stability a proudění vod v geotechnických úloh. Řeší rovinné a prostorové úlohy v geotechnickém inženýrství. Program je založen na metodě konečných prvků. Metoda konečných prvků je variační metoda, která předpokládá s nahrazením kontinuálního pevného tělesa konečným počtem diskrétních elementů, trojúhelníkového tvaru, které jsou mezi sebou spojeny konečným počtem uzlových bodů. [1]

Systém umožňuje simulaci nelineárního chování zemin, dává možnost modelovat jak hydrostatického, tak hydrodynamické účinky vod v zeminách a také vzájemnou interakci mezi konstrukcí a zeminou. Součástí je generátor sítě konečných prvků s možností globálního či lokálního zjemnění sítě. [1]

5.2.Princip návrhu násypových těles

Výpočet je založen na základě ČSN EN 1997 Navrhování geotechnických konstrukcí (Eurokód 7). U násypů z pohledu mezních stavů únosnosti vystupuje do popředí mezní stav typu GEO, kde jde ve většině případů o řešení stability, při použití analytických výpočetních metod podél smykové plochy. Pro výpočty mezní únosnosti celkové stability je doporučeno používat Návrhový přístup 3, kde rozhodující význam hraje dílčí součinitel materiálu γ_M . Mezní stav porušení typu GEO se ověřuje pomocí klasických metod stability svahu. Pro homogenní prostředí zejména jemnozrnných zemin se uvažuje kruhová smyková plocha a upřednostňuje se Bishopova metoda. Pro nehomogenní prostředí s hrubozrnnou zeminou se upřednostňují metody výpočtu po obecných smykových plochách např. Janbu, klínové metody, apod. [18]

Dle normativů ČSN EN 1997 – 1: Navrhování geotechnických konstrukcí, Část 1: Obecná pravidla a ČSN EN 1997 – 2: Navrhování geotechnických konstrukcí, Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy. Obecný vztah pro výběr odvozených hodnot charakteristických vlastností jsou znázorněny na obr. 5.1. [18]



Obr. 5.1 - Obecný vztah pro výběr odvozených hodnot charakteristických vlastností [18]

5.3. Vstupní parametry

V souladu s obecným vztahem pro výběr odvozených hodnot charakteristických vlastností byly vyhodnoceny hodnoty jednotlivých geotypů (tab.5.2) a hodnot zvolených materiálů pro těleso násypu. (tab.5.1) redukcí součinitel dle NP3 Eurokódu 7.

Dle ČSN 73 6133 je krátkodobé zatížení od dopravy nahrazeno rovnoběžným zatížením 10 kN/m², působícím kdekoliv na zpevněné vozovce, jehož rozsah a poloha vyvolá nejnepříznivější účinek. [2]

Pro základový polštář byla zvolena standartní geotextilie vyrobené z polypropylenu (PP). S pevností v tahu 80 kN/m. Plní současně funkci separační, filtrační a vyztužující. Tkaná geotextilie Geomatrix TST 80/80 má mimořádně nízkou absorpci vlhkosti, takže působením vody nemá vliv na její mechanické vlastnosti. Je odolná proti mikroorganismům a hmyzu a nepodporuje růst plísní. Také vykazuje vynikající odolnost vůči chemikáliím. [3]

Tab. 5.1 - Parametry tělesa násypu

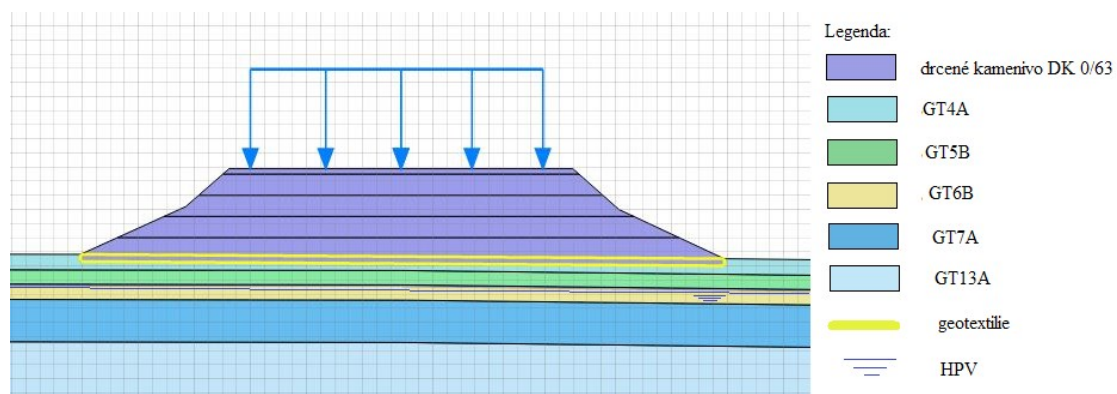
Materiál		drcené kamenivo 0/63	S4 (SM)	keramzit
Objemová tíha γ [kN/m ³]		20	18	5,5
Hydrální vodivost k_f [m/s]		1,00E-06	1,00E-06	1,00E-03
Přetvárné charakteristiky	Modul přetvárnosti E_{def} [MPa]	100	8	15
	Poissonovo číslo ν [-]	0,2	0,3	0,3
Smyková pevnost	Soudržnost c_{ef} [kPa]	1	4	1
	Úhel vnitřního tření φ_{ef} [°]	30,4	22,4	30,4

Tab. 5.2- Parametry zemin

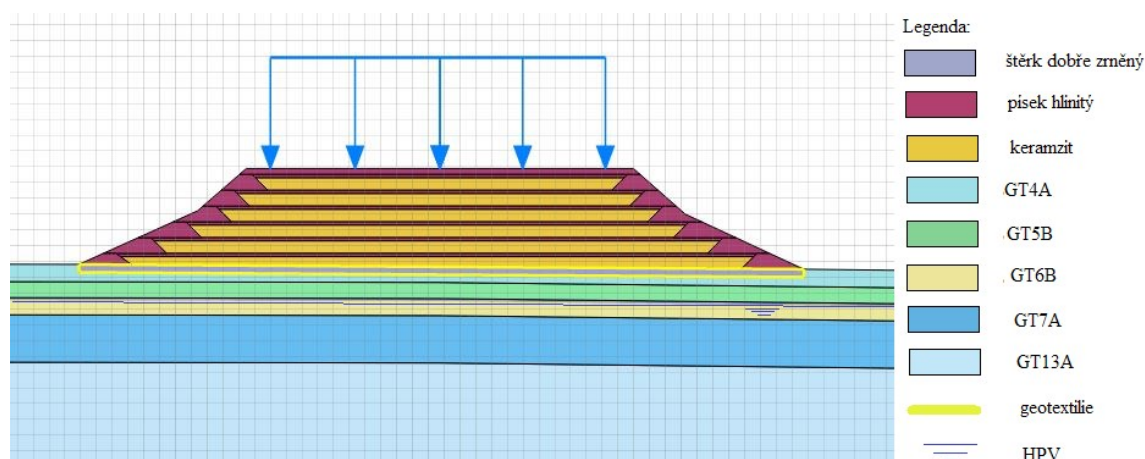
Odpovídající vrt		JV7			JV34					JV39				
Geotechnický typ (dle ČSN 736133)		GT8 (G4/G5)	GT9A (F8)	GT12 (F6/F8)	GT4A (F6)	GT7A (G3)	GT7B (G4)	GT13A (R6)	GT13B (R5)	GT4A (F6)	GT5B (F4)	GT6B (S4)	GT7A (G3)	GT13A (R6)
Objemová tíha γ [kN/m ³]		20,5	20	20	20	19	19	18	20	20	18	18	19	18
Hydralická vodivost k_f [m/s]		4,71E-09	1,97E-10	4,22E-09	3,95E-10	3,77E-05	3,11E-04	4,87E-10	1,30E-09	3,95E-10	3,87E-08	8,89E-07	3,77E-05	4,87E-10
Přetvárné charakteristiky	Modul přetvárnosti E_{def} [MPa]	3	3	3	4	90	50	10	16	4	5	12	90	10
	Poissonovo číslo ν [-]	0,4	0,42	0,4	0,4	0,25	0,3	0,3	0,3	0,4	0,35	0,3	0,25	0,3
Smyková pevnost	Soudržnost c_{ef} [kPa]	3,2	4,8	6,4	9,6	1	1,6	21,6	64	9,6	11,2	1	1	21,6
	Úhel vnitřního tření φ_{ef} [°]	13,6	10,4	12	13,6	26,4	22,4	16	20	13,6	17,6	20,8	26,4	16

5.4. Vstupní modely

Na obrázcích 5.1 a 5.2 jsou vybrány ukázkové grafické modely z programu Plaxis, násypu VP3. Obrázek 5.1 je při použití hrubozrnné sypaniny a obr.5.2 při použití vrstveného násypu.



Obr. 5.2 - Model varianty 1



Obr. 5.3 - Model varianty 2



Obr. 5.4 - Fáze výpočtu

Výpočetní fáze byly provedeny dle obrázku 5.3. Výpočet vycházel z iniciační fáze, kde bylo deaktivováno násypové těleso vč. založení. Výpočetní typ byl zvolen jako gravitační zatížení. Po této fázi pokračovaly plastické fáze, kde byla vždy aktivována vrstva násypového tělesa. Při této fázi se neuvažuje s konsolidací. Z každé plastické fáze vychází pak fáze konsolidační. Je to časově závislá analýza deformace a pórových tlaků. Zde byl zadán časový interval konsolidace 60 dní. V poslední fázi bylo aktivováno i spojitě zatížení od plánované konstrukce vozovky. Na tuto fázi kromě fáze konsolidační navazovala fáze safety, pro výpočet stupně stability a zjištění průběhu smykových ploch. Jedná se o výpočet globálního bezpečnostního faktoru redukce sil.

6. Výstupy z Plaxis

Výpočty byly provedeny na těchto násypech:

- VP1 SO101 staničení km 0,700, výška násypu 5,8 m ,
- VP2 SO101 staničení km 4,400, výška násypu 11,8 m,
- VP3 SO101 staničení km 5,150, výška násypu 7,8 m.

Pod násypem VP1 byla provedena soustava vertikálních odvodňovacích drénu, s osovou vzdáleností 2,5 m a hloubky 5 m pod spodní úrovní roznášecího polštáře.

6.1. Stupeň stability

Hlavním výstupem práce je posouzení stupně stability. Při analýze stability svahu se pro stanovení hodnot parametrů pevnosti využívá stupeň stability ΣMsf :

$$c/c_r = \tan \varphi / \tan \varphi_r = \Sigma Msf.$$

- c a φ jsou vstupní pevnostní parametry,
- c_r a φ_r jsou parametry na mezi porušení

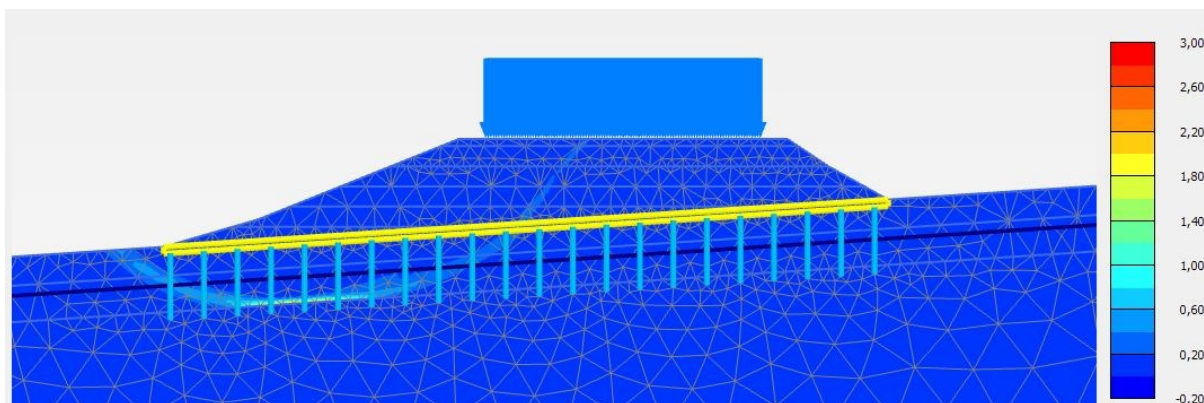
Při posuzování celkové stability zemního tělesa dle ČSN 73 6133 je stanoven minimální stupeň bezpečnosti (v závislosti na podloží a použitých parametrech.) $F_s = 1,2$. V tabulce 6.3 jsou uvedeny stupně stability odpovídající poslední fázi výpočtu.

Tab. 6.3 - Stupeň stability

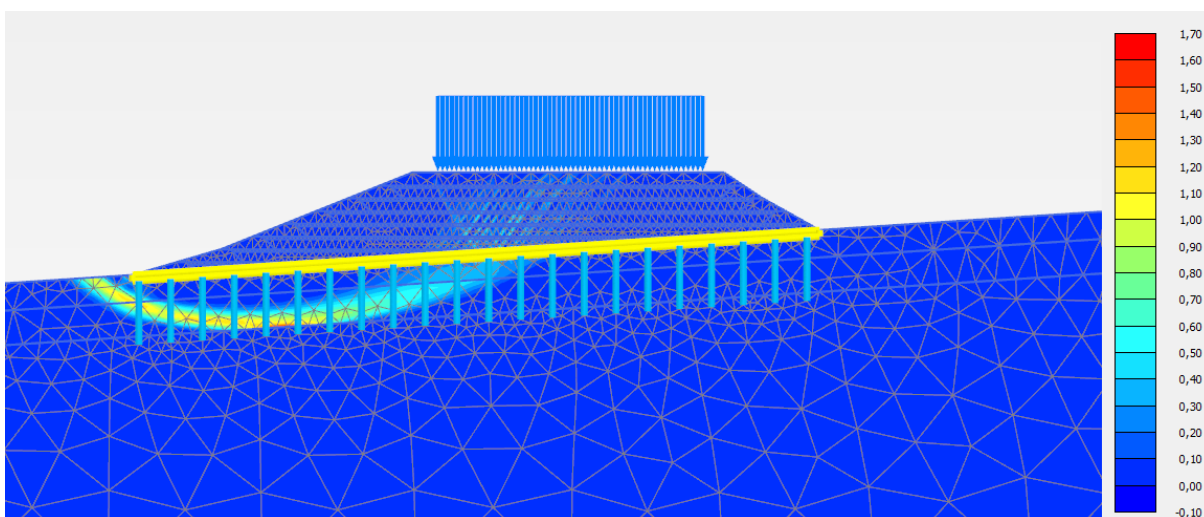
Stupeň stability [-]		
Číslo násypu	Hrubozrnná sypanina	Vrstvený násyp
1	1,058	1,413
2	1,392	1,448
3	1,485	1,459

Nejnižšího stupně stability bylo dosaženo při použití sypaniny v násypu VP1, tudíž se jedná o násyp nestabilní. Pro zvýšení stupně stability je možné provést úpravu tvaru zemního tělesa, kdy se provede mírnější sklon tělesa na levé straně násypu, popř. realizace přitěžovacích lavic u levé paty násypu, v případě že nebude zasahovat do stávající výstavby. Další možností je provedení vertikálních drénu s hustější sítí, čímž dojde k snížení pórových tlaků. Na obrázku

6.1 a 6.2 jsou zobrazeny kritické smykové plochy u násypu č. 1, které se nachází na levé straně násypového tělesa a prochází pod patou u obou variant násypu.

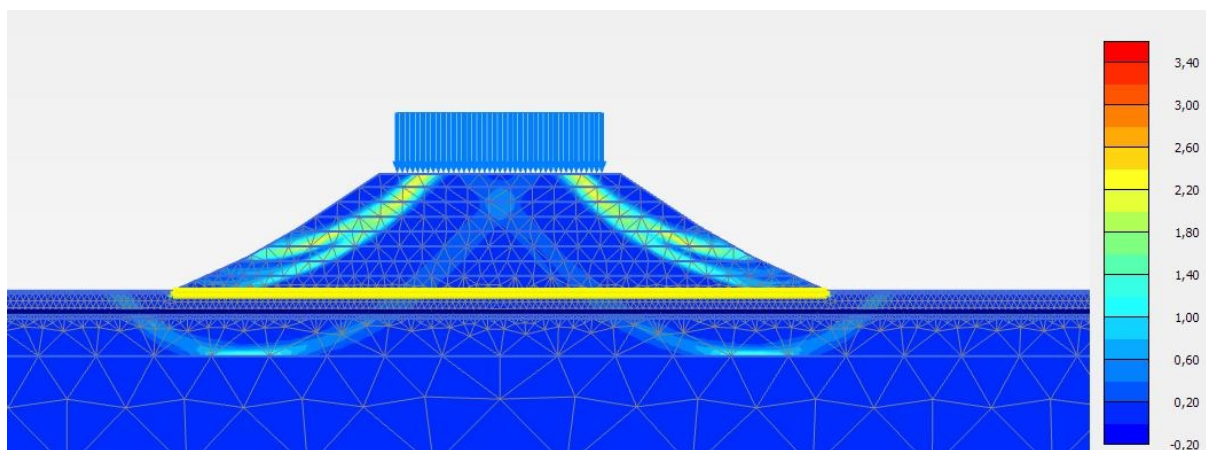


Obr. 6.1 - Smyková plocha VPI_1 (násyp z DK)

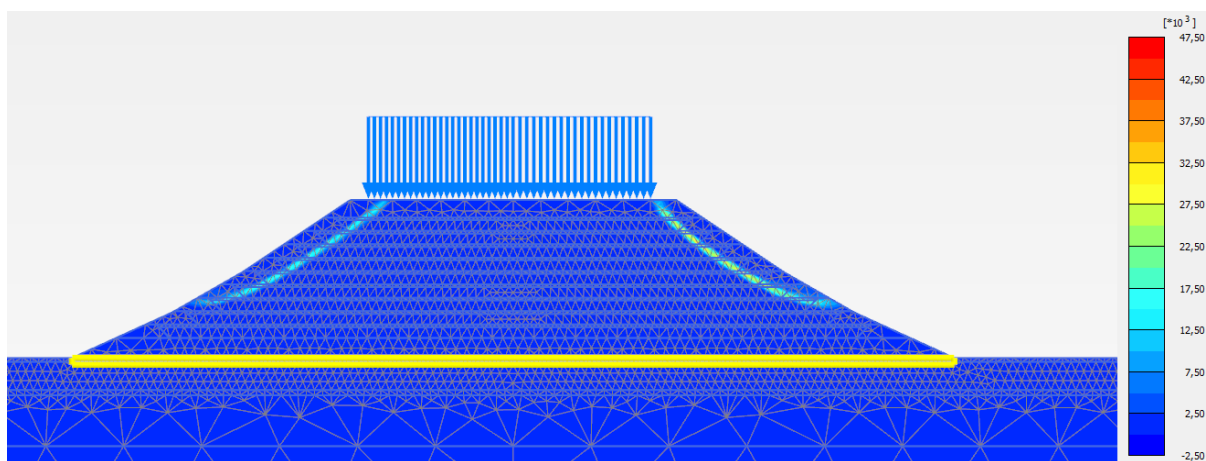


Obr. 6.2 - Smyková plocha VPI_2 (lehčený násyp z keramzitu)

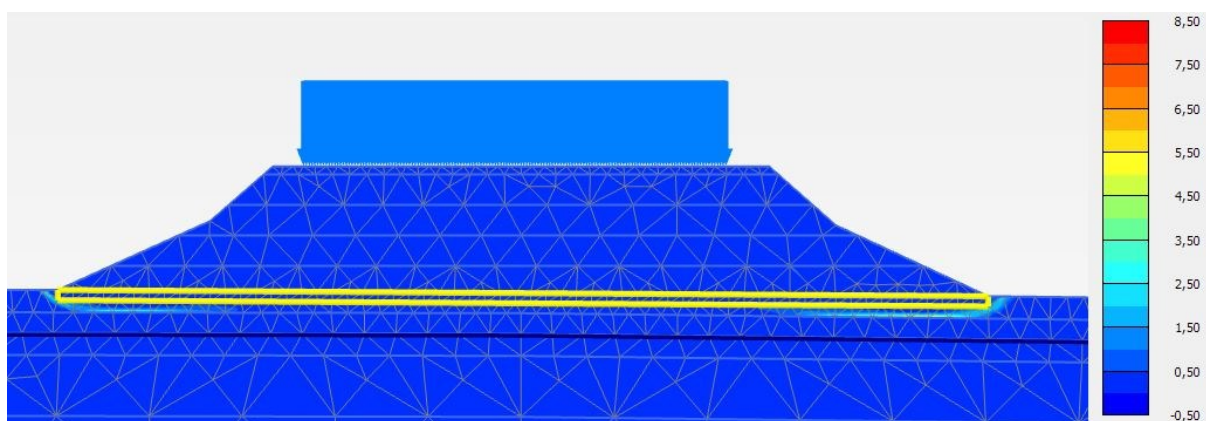
Na obr 6.3 a 6.4 jsou znázorněny smykové plochy násypu č. 2. Při použití hrubozrnné sypaniny vznikají na každé straně násypu tři smykové plochy. Kritických hodnot nabývá smyková plocha na levé straně v okolí místa založení u paty násypu. U vylehčené varianty násypu č. 2 se počet smykových ploch zredukoval na jednu a její maximální hodnota se nachází tentokrát na pravé straně násypu, u předposlední hrázky.



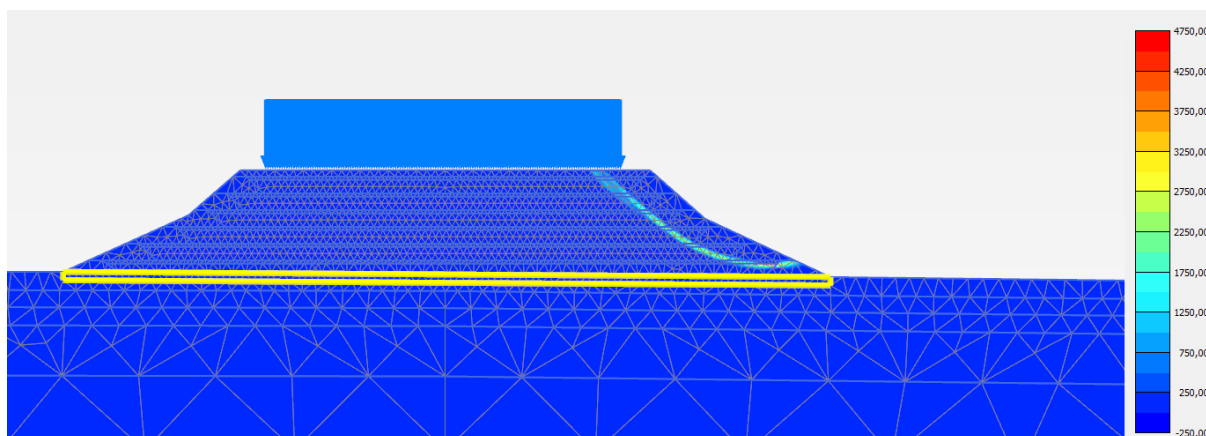
Obr. 6.3 - Smyková plocha VP2_1 (násyp z DK)



Obr. 6.4 - Smyková plocha VP2_2 (lehčený násyp z keramzitu)



Obr. 6.5 - Smyková plocha VP3_1 (násyp z DK)



Obr. 6.6 - Smyková plocha VP3_2 (lehčený násyp z keramzitu)

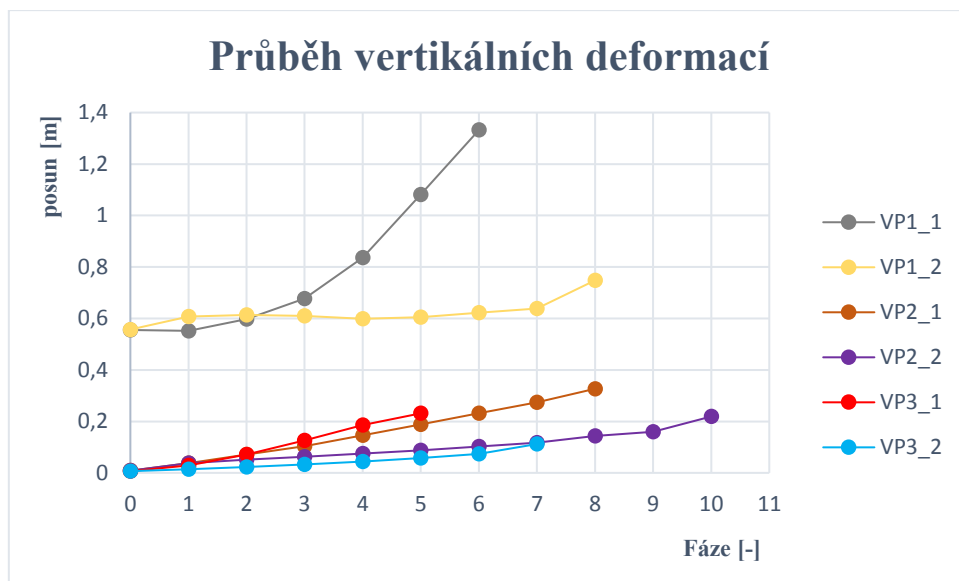
U násypu č. 3, varianta 1 vznikají smykové plochy v místě založení pod patou násypu (obr. 6.5). U varianty 2 vzniká smyková plocha na levé straně po celé výšce násypu. Průběh smykové plochy u varianty 2 obkresluje vnitřní hranu okrajových hrázek. (obr.6.6) Její maximální hodnota vychází u první vrstvy násypu, přesněji v kontaktu vrstvy keramzitu a vrstvy písku hlinitého.

6.2. Vertikální deformace

Z hlediska dlouhodobé životnosti stavby je nutné zabránit nadměrnému sedání silničního spodku, aby nedošlo k porušení a ohrožení účelu komunikace. Při modelování byly porovnávány dva materiály drcené kamenivo a vrstvený násyp (keramzit + písek hlinitý). Maximální hodnoty vertikálních deformací vycházely v ose tělesa násypu a jsou uvedeny v tab. 6.4..

Tab.6.4 - Maximální vertikální deformace

Vertikální posun [m]		
Číslo násypu	Hrubozrnná sypanina	Vrstvený násyp
1	1,328	0,748
2	0,327	0,219
3	0,231	0,112



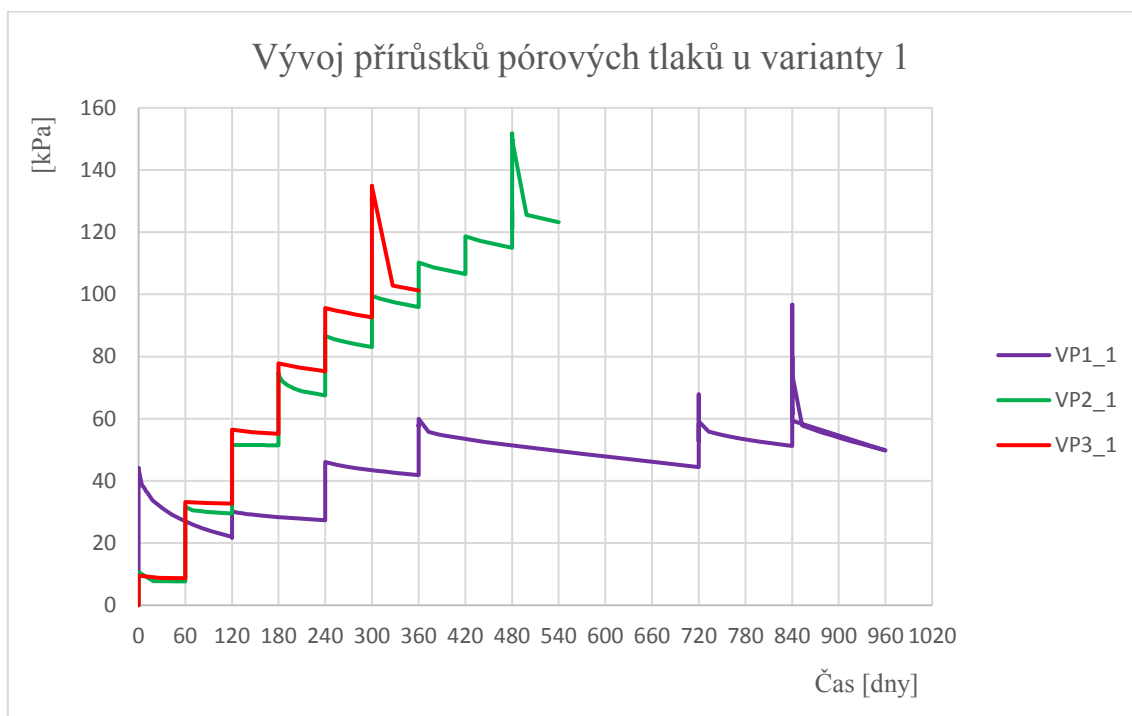
Graf 6.1 - Průběh vertikálních deformací

V grafu 6.1 je znázorněn průběh vertikálních posunů pro jednotlivé fáze (bez iniciační fáze) v ose násypu. Na ose x jsou jednotlivé fáze výpočtu a na ose y jsou hodnoty vertikálního posunu v metrech. V odstínech červené (VP1_1, VP2_1, VP3_1) jsou znázorněny průběhy svislých deformací při použití DK do násypu a v odstínech modré (VP1_2, VP2_2, VP3_2) zase při použití lehčeného násypu. Vertikální posuny pod násypem z drceného kameniva jsou u všech třech referenčních míst vyšší než svislé posuny pod vylehčenými násypu z keramického kameniva, což je úměrné k jejich tíze. Posuny u násypu při použití hrubozrnné sypaniny jsou více jak dvojnásobně vyšší než při použití lehčeného vrstveného násypu. Průběh je u většiny z násypu pozvolný. U druhé varianty se projevil fakt, že lehčený násyp snižuje míru vertikální deformace. U všech třech násypů se hodnota vertikální deformace, při použití druhé varianty, snížila téměř o polovinu.

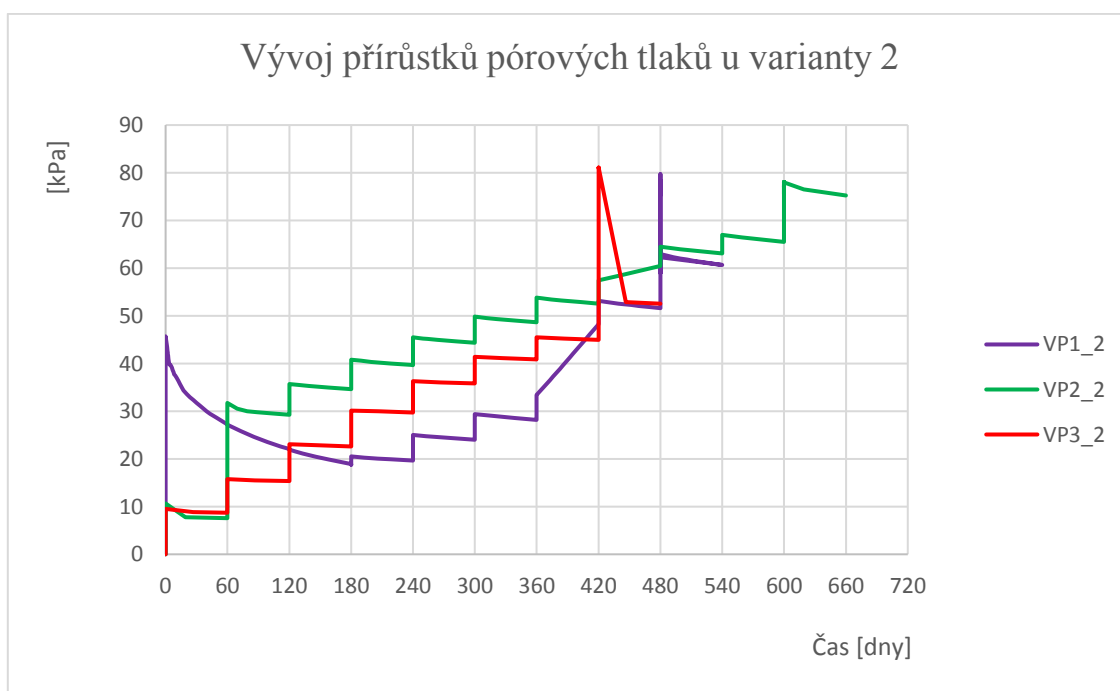
6.3. Pórové tlaky

V následujících grafech 6.2 a 6.3 je znázorněn průběh pórových tlaků na čase. Na ose x je čas ve dnech a na ose y maximální přípustný tlak pórů dosažený na konci předchozí fázi (p_{\max}). Jedná se o výsledná data v průběhu výstavby násypu. Během konstrukční fáze se tlak pórů zvyšuje za poměrně malého času, zatímco během konsolidačního období, které bylo zahrnuto po každé konstrukční fázi, se pórový tlak v čase zmenšuje. Ke konsolidaci dochází tedy již během výstavby. V případě VP1_1 byla po 4. vrstvě prodloužena doba konsolidace na 360 dní, kvůli snížení pórového tlaku, v ostatních konsolidačních fázích se uvažovalo se 120 dny. Ke

snížení hodnoty pórového tlaku na hodnotu 1 kPa by byla potřebná doba konsolidace 24 000 dní. U násypu č.1, varianty 2 došlo po šesté vrstvě nadměrnému přírůstku pórových tlaků. V poslední fázi je prudký nárůst pórových tlaků s následným snížením na polovinu. Toto je zapříčiněno aktivováním spojitého zatížení, které je uvažováno od budoucí konstrukce vozovky.

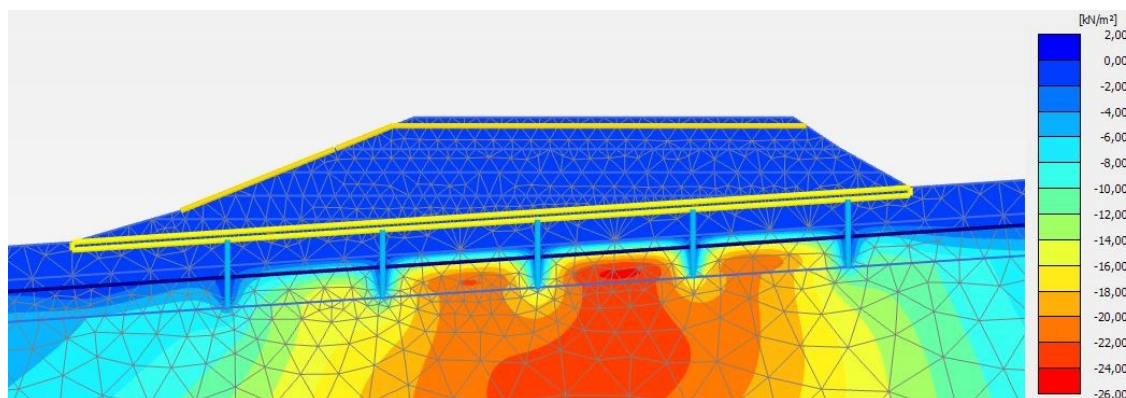


Graf 6.2- Vývoj přírůstku pórových tlaků - varianta1

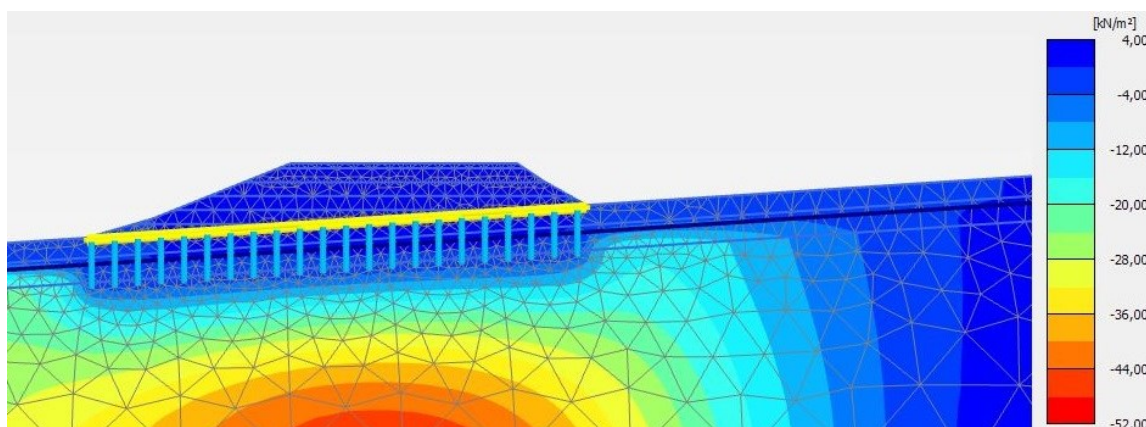


Graf 6.3 - Vývoj přírůstku pórových tlaků - varianta2

U násypu VP1 byla vybudována soustava drénu pro snížení pórových tlaků a urychlení konsolidace. Nejprve byly drény aplikovány s osovou vzdáleností 10 m (obr. 6.7). Tato vzdálenost byla nedostačující a mezi drény je vysoká hodnota negativních pórových tlaků. Kvůli tomu byly drény zhuštěny na osovou vzdálenost 2,5 m a prodlouženy na celkovou délkou 5 m. U této varianty bylo zajištěno snížení pórového tlaku. (obr. 6.8)



Obr. 6.7 - Pórové tlaky při použití drénu s osovou vzdáleností 10 m



Obr. 6.8 - Pórové tlaky při použití drenů osovou vzdáleností 2,5 m

6.4. Čerpání pevnosti a plastické body

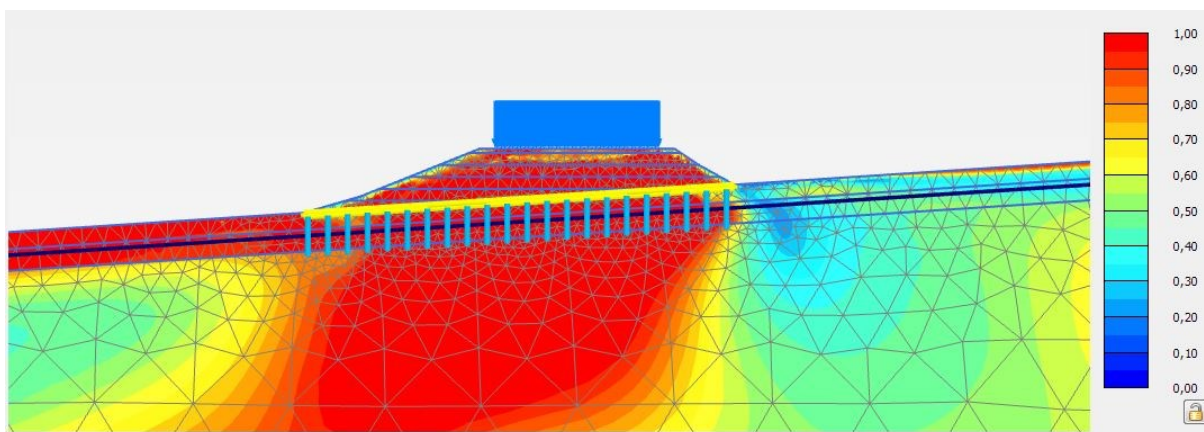
Čerpání pevnosti se rozumí relativní smykové namáhání τ_{rel} , které udává blízkost bodu namáhání k Mohrovy obálce porušení. Relativní smykové namáhání je dáno vztahem:

$$\tau_{rel} = \frac{\tau_{mob}}{\tau_{max}} [-]$$

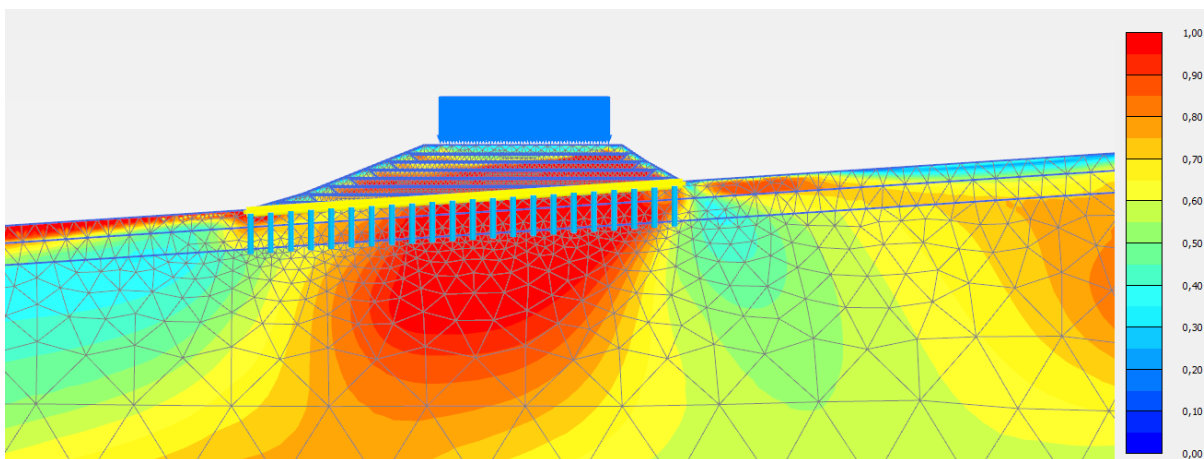
Kde τ_{max} je maximální hodnota smykového napětí, kdy je Mohrova kružnice zvětšena do takové míry, aby se dotkla obálky porušení a zároveň si zavává polohu středu Mohrovy

kružnice. τ_{mod} je maximální hodnota smykového napětí ve vyšetřovaném bodě, tedy poloměr Mohrovy kružnice. Kritická hodnota τ_{rel} je 1,0. Dojde tedy ke zplastizování oblasti a snížení hodnoty napětí. [1]

Na níže uvedených obrázcích 6.9 až 6.14 jsou znázorněny případy čerpání pevnosti. Ve všech případech vychází největší čerpání pevnosti pod tělesem násypu. U násypu VP1 je při použití keramzitu dosaženo snížení čerpání pevnosti nejen pod tělesem násypu, ale také v tělese násypu a zplastizování je soustředěno do středu tělesa násypu. Maximální hodnoty u varianty 2 jsou na pravé straně v tělese násypu. (obr 6.10)

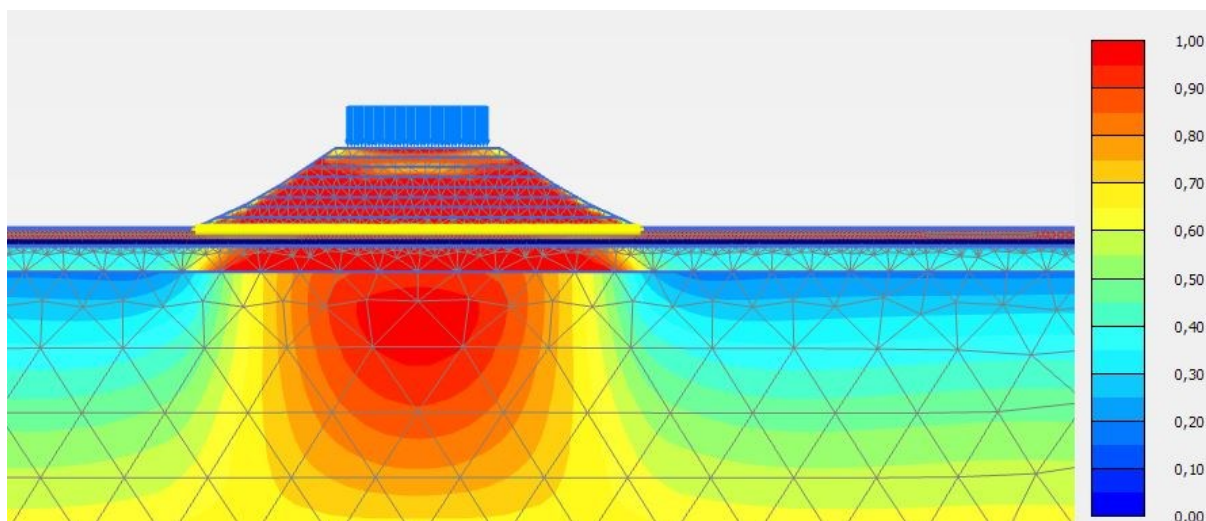


Obr. 6.9 - Čerpání pevnosti VP1_1 (násyp z DK)

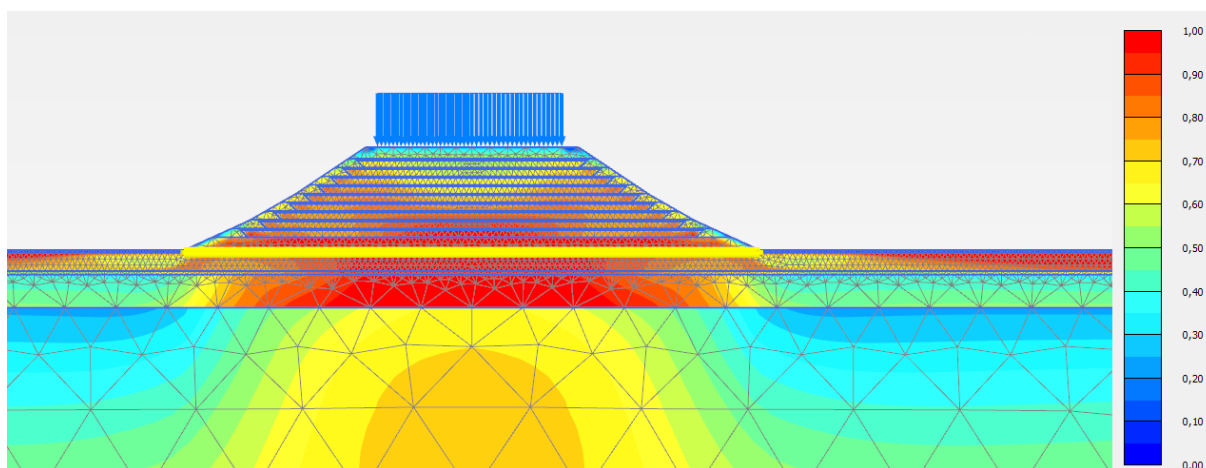


Obr. 6.10 - Čerpání pevnosti VP1_2 (lehčený násyp z keramzitu)

Při porovnání čerpání pevnosti u násypu VP2 dochází k maximální čerpání pevnosti u násypu z hrubozrnné sypaniny po celém násypovém tělese a pod tělesem, které s rostoucí hloubkou snižuje. Kdež to u varianty s použitím vrstveného násypu dochází k čerpání pevnosti v oblasti hrázek a k maximální kritické hodnotě dochází ve středu násypu v první vrstvě z keramzitu.

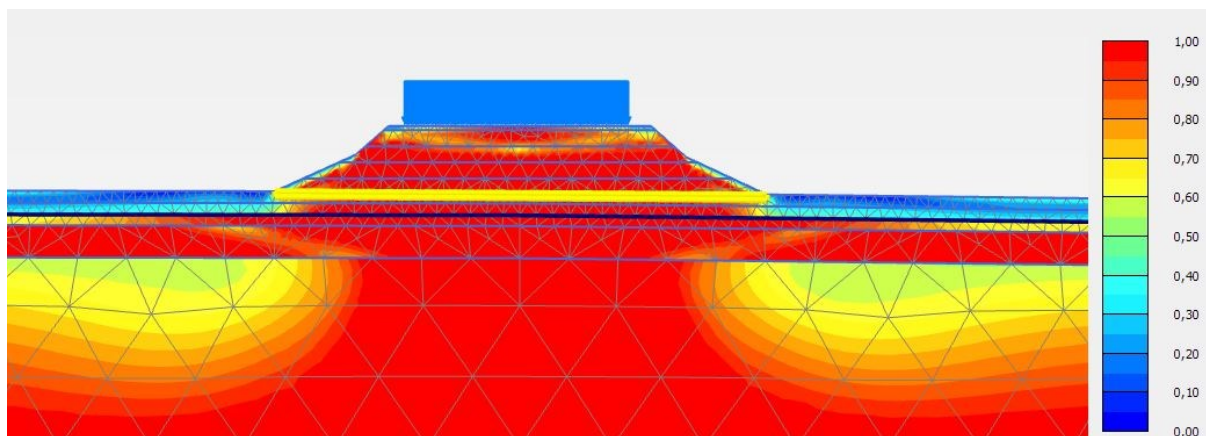


Obr. 6.11 - Čerpání pevnosti VP2_1 (násyp z DK)

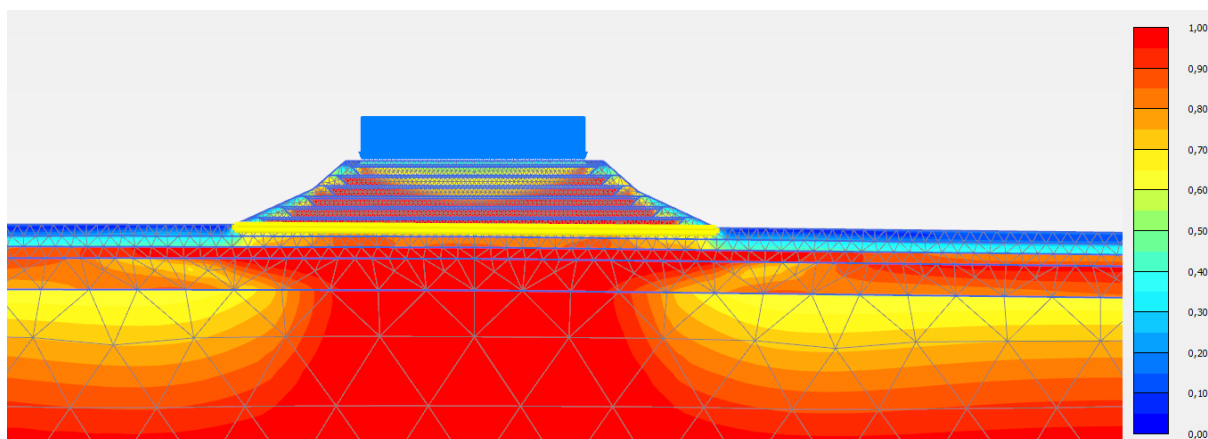


Obr. 6.12 - Čerpání pevnosti VP2_2 (lehčený násyp z keramzitu)

U násypu VP3 dochází ke kritickým hodnotám v tělese násypu i pod násypem. K maximální kritické hodnotě u VP3_1 dochází v koruně násypu a u VP3_2 v předposlední vrstvě keramzitu na levé straně násypu.

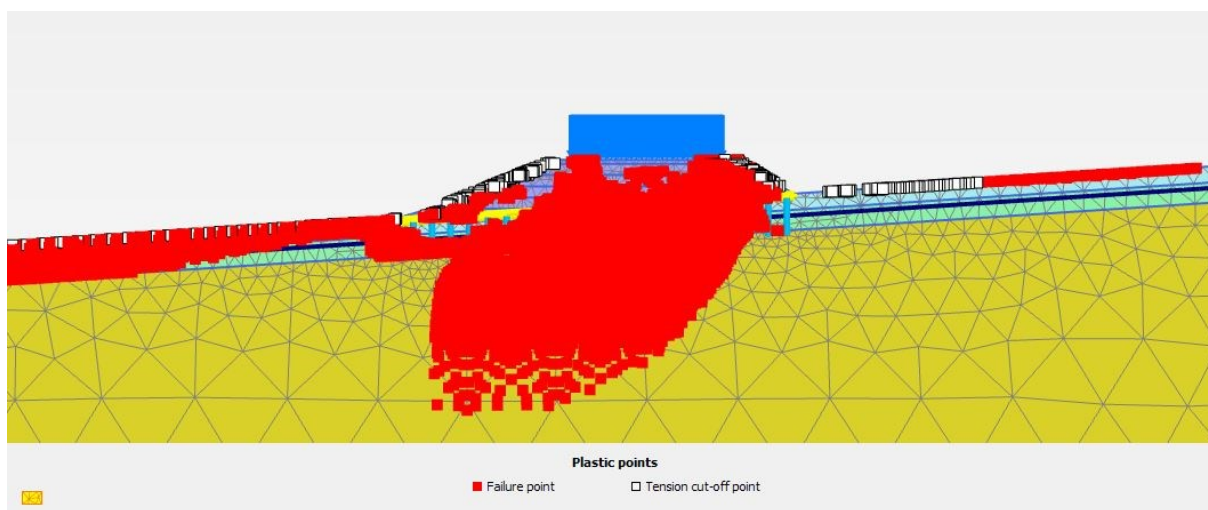


Obr. 6.13 - Čerpání pevnosti VP3_1 (násyp z DK)

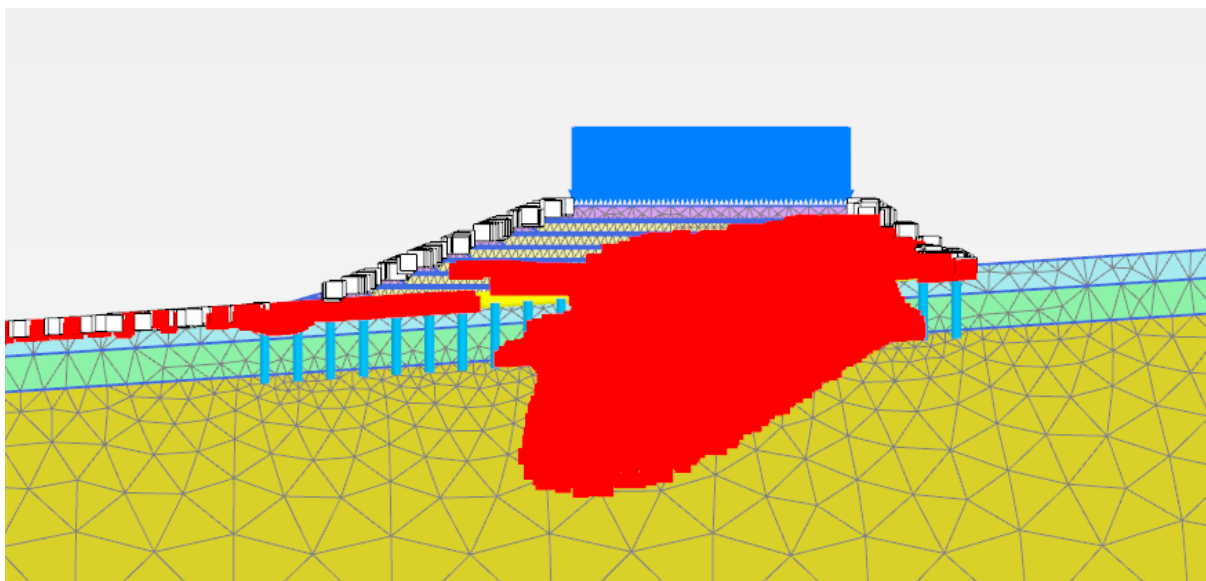


Obr. 6.14 - Čerpání pevnosti VP3_2 (lehčený násyp z keramzitu)

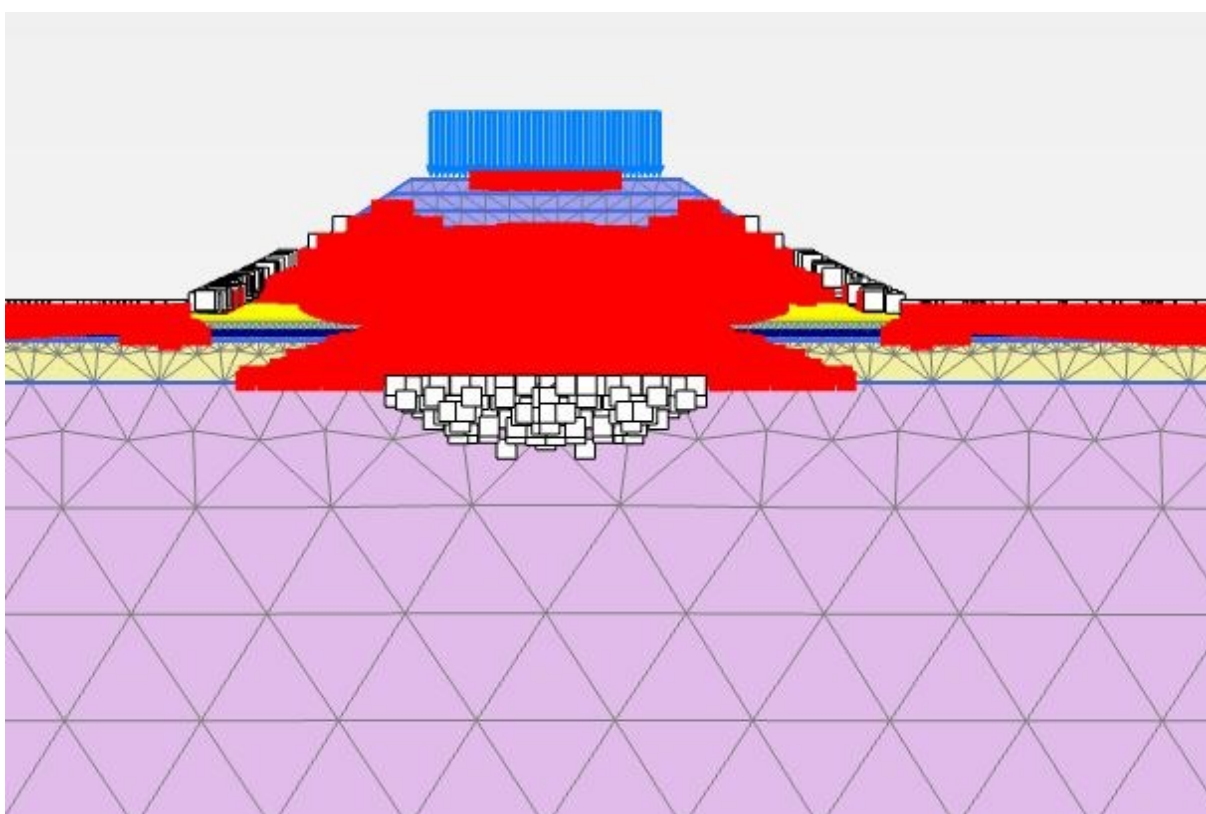
Červené body značí, že napětí se blíží k povrchu Mohrovy obálky, tj. stupeň čerpání je roven 1. Výsledky plastických bodů doprovází výsledky čerpání pevnosti (6.4.1.). Červené body vyznačují oblast plastického porušení a vyčerpání únosnosti zeminy. Bílé body jsou způsobené přečerpáním tahové únosnosti.



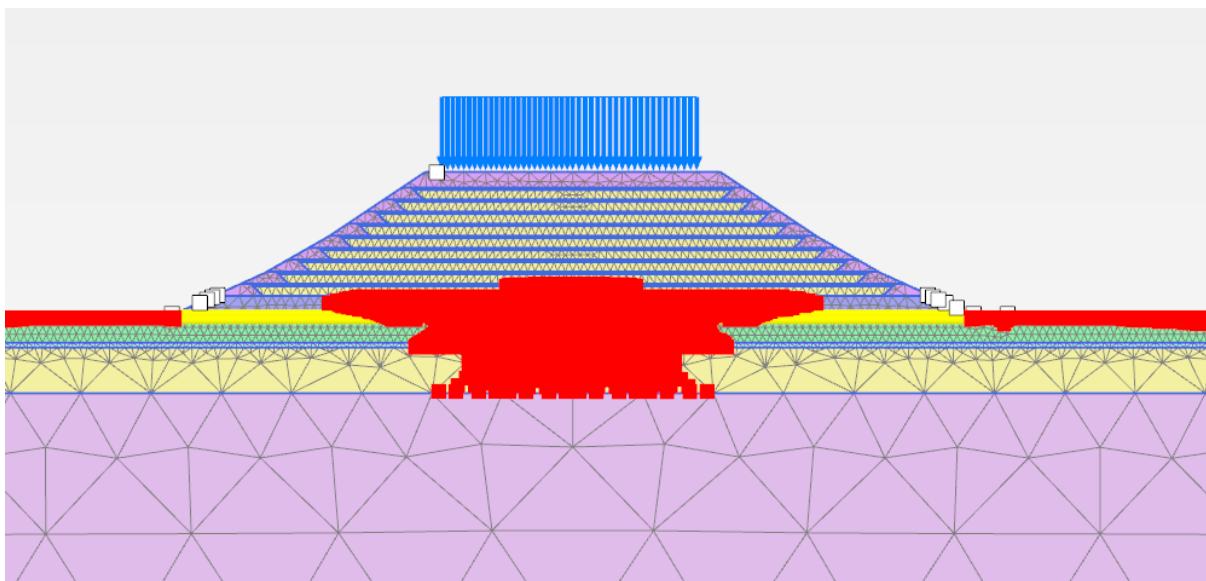
Obr. 6.15 - Plastické body VP1_1 (násyp z DK)



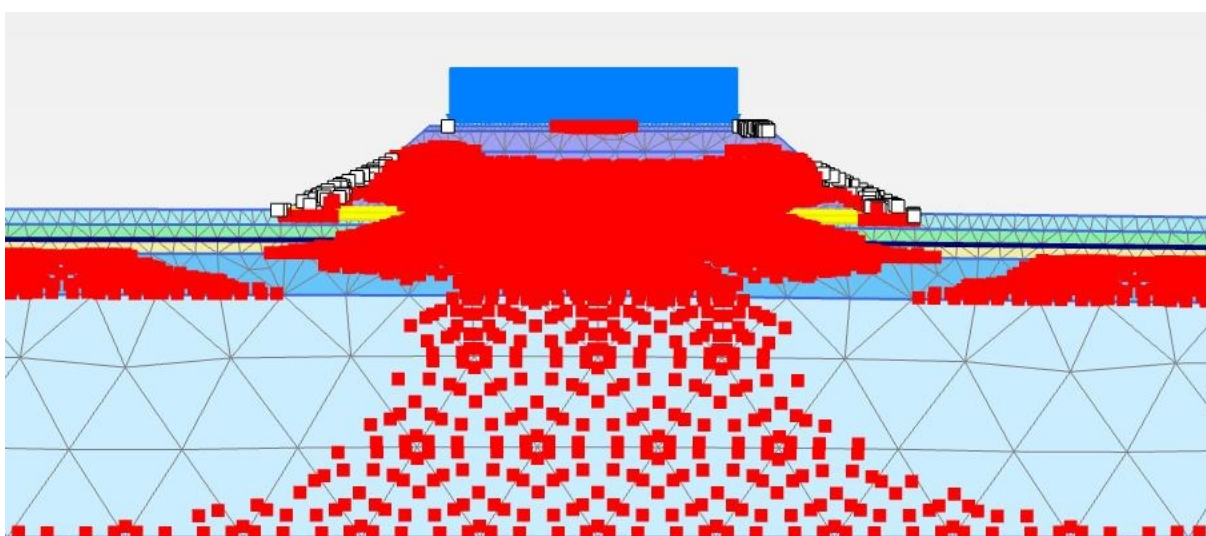
Obr. 6.16 - Plasticité body VP1_2 (lehčený násyp z keramzitu)



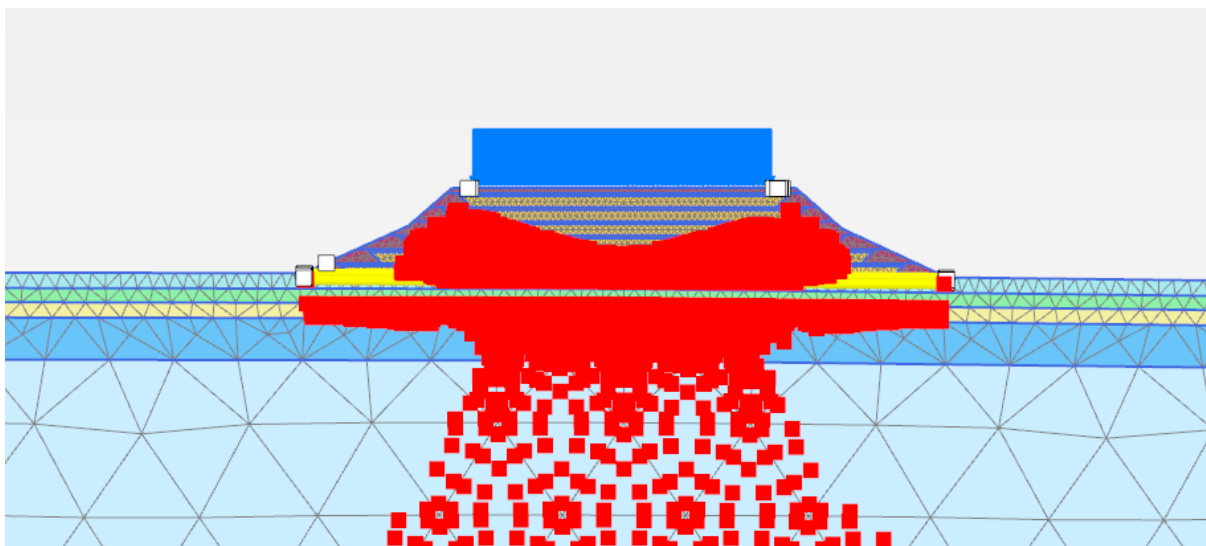
Obr. 6.17 - Plasticité body VP2_1 (násyp z DK)



Obr. 6.18 - Plastické body VP2_2 (lehčený násyp z keramzitu)



Obr. 6.19 - Plastické body VP3_1 (násyp z DK)



Obr. 6.20 - Plastické body VP3_2 (lehčený násyp z keramzitu)

7. Závěr

V rámci diplomové práce bylo zpracování stabilitního posouzení vybraných geotechnických staveb ve Vlašském Meziříčí. V rámci výstavby přeložky silnice I/57 Valašské Meziříčí – Jarcová byl zpracován geotechnický průzkum, na jeho základě bylo provedeno posouzení. Celý obchvat Valašské Meziříčí – Jarcová je dlouhý přibližně 8 km a na jeho trase se budou převážně budovat násypy, které byly pro tuto práci vybrány a posouzeny v softwarovém programu Plaxis 2D. Byla vybrána tři násypové tělesa, první násyp se nachází u obce Bynina, ve staničení 0,7 km. Výstavba tohoto násypu se nachází v blízkosti sesuvného území, jehož stav je stabilizovaný. Druhý násyp je ve staničení 4,4 km vedle koryta Vsetínské Bečvy, staničení posledního násypu je 5,15 km.

Konstrukční řešení násypů bylo voleno dle ČSN 73 6133. Byly vybrány dva materiály pro výstavbu násypových těles. Jednalo se o hrubozrnnou sypaninu, přesněji drcené kamenivo frakce 0/63. Jako druhá alternativa materiálu byl zvolen princip vrstveného lehčeného násypu s použitím keramzitu, firmy Liapor, kde okrajové hrázky byly budovány z písku hlinitého. Materiálové parametry podloží byly převzaty ze závěrečné zprávy firmy INSET a parametry pro násypové těleso byly převzaty z ČSN 73 1001, z tabulek směrných normových charakteristik zemin.

Samotný výpočet byl proveden v softwarovém programu Plaxis 2D. Všechny tři násypy byly modelovány ve dvou variantách (varianta 1 = těžký násyp, varianta 2 = vylehčený násyp). Po výpočtu bylo zhodnoceno: stupeň stability, vertikální deformace v ose násypu, vývoj pórových tlaků po dobu výstavby, čerpání pevnosti a plastické body. Výsledky byly pro lepší přehlednost formulovány formou tabulek a grafu.

Násyp VP1 se nachází v blízkosti sesuvného území 7771, proto byla zabudováno soustava odvodňovacích drénů a navržen mírnější sklon levé strany násypového tělesa, pro zvýšení stupně stability. Při uvažování těžkého násypu nebylo dodrženo minimálního stupně stability a vertikální posun v ose násypu byl 1,328 m. Při použití vylehčeného násypu se dosáhlo požadovaného minimálního stupně stability a vertikální posun se snížil téměř na polovinu, a to na hodnotu 0,748 m.

Násyp VP2 se nachází v oblasti s povodňovou hladinou Q_{100} , proto byla u vylehčeného násypu do výšky 1,6 m navržena vrstva z drceného kameniva s požadovanou hydraulickou

vodivostí dle ČSN 73 6110. Násyp VP2 při uvažování obou materiálových variant splnil minimální stupeň stability a vertikální posun se jako u prvního násypu zmenšil o 108 mm.

U násypu VP3 je zajímavé, že hodnota stupně stability u vylehčeného násypu je mírně snížila oproti variantě s drceným kamenivem, kdežto hodnota vertikální deformace se u vylehčeného násypu snížila o 119 mm.

Vzhledem k dosaženým výsledkům je výhodnější vybudovat násypové tělesa z lehčeného keramického materiálu, avšak jeho nevýhodou je vysoká cena. Všechny porovnávané výstupy vyšly při použití vrstveného násypu lépe ve srovnání s variantou 1 – hrubozrnná sypanina.

8. Seznam použité literatury

- [1] BRINKGREVE, R.B.J, S. KUMARSWAMY a W.M. SWOLFS. *Plaxis 2D 2015 manual*. 1. Holandsko: Plaxis, 2015. ISBN 978-90-76016-18-4.
- [2] ČSN 73 6133 - *Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací*. 1. Praha: Úřad po technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [3] Geofoam. *Geofoam* [online]. North America: North America, 2000 [cit. 2017-10-28]. Dostupné z: <http://www.geofoam.org/technical/geofoam-types/>
- [4] *Geotechnici* [online]. Ostrava: VŠB-TUO, 2012 [cit. 2017-11-20]. Dostupné z: <http://www.geotechnici.cz/>
- [5] *Hvězdárna Valašské Meziříčí* [online]. Valašské Meziříčí: WebConsult.cz, 2000 [cit. 2017-11-23]. Dostupné z: <http://www.astrovm.cz/cz/>
- [6] Klimatické regiony. *Sispo* [online]. Hořice: Copyright, 2004 [cit. 2017-11-23]. Dostupné z: <http://www.ovocnarska-unie.cz/sispo/?str=klima-mapa>
- [7] Meteorologické rekordy. *Hvězdárna Valašské Meziříčí* [online]. Valašské Meziříčí: Valašské Meziříčí, 2006 [cit. 2017-10-28]. Dostupné z: <http://www.astrovm.cz/cz/odborna-cinnost/meteorologie/meteorologicke-rekordy.html>
- [8] Moravské Karpaty. *Moravské Karpaty* [online]. Zlín: Hruban, 2000 [cit. 2017-10-27]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/>
- [9] Nahlížení do KÚ. ČÚZK [online]. Praha: Praha, 2017 [cit. 2017-10-28]. Dostupné z: <http://nahlizeniidokn.cuzk.cz/>
- [10] *Národní geoportál Inspire* [online]. Praha: Praha, 2010 [cit. 2017-11-21]. Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/home>
- [11] *Navrhování vozovek: TP 170*. 2006. Brno: Ministerstvo dopravy ČR, 2006.
- [12] PAŠEK, Jaroslav a Milan MATULA. *Inženýrská geologie I*. Praha: [s.n.], 1995.
- [13] PAŠEK, Jaroslav a Milan MATULA. *Inženýrská geologie II*. Praha: [s.n.], 1995.
- [14] Podnebí Valašské Meziříčí. *MeteoBlue* [online]. Switzerland: Switzerland, 2006 [cit. 2017-10-28]. Dostupné z: https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/p%C5%99edpov%C4%9B%C4%8F/modelclimate/vala%C5%A1sk%C3%A9-mezi%C5%99%C3%AD%C4%8D%C3%AD_%C4%8Cesko_3063447

- [15] Přeložka silnice I/57. *Valašské Meziříčí* [online]. Valašské Meziříčí: Valašské Meziříčí, 2017 [cit. 2017-10-28]. Dostupné z: <http://www.valasskemezirici.cz/prelozka-silnice-i-57-valasske-mezirici-jarcova-zapadni-obchvat/d-3147>
- [16] Svahové nestability. *Česká geologická služba* [online]. Praha: Praha, 1990 [cit. 2017-10-28]. Dostupné z: https://mapy.geology.cz/svahove_nestability/
- [17] Valašské Meziříčí. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-10-28]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Vala%C5%A1sk%C3%A9_Mezi%C5%99%C3%AD%C4%8D%C3%AD
- [18] VANÍČEK, Ivan, Tereza ČIHÁKOVÁ, Daniel JIRÁSKO, Jan KOS, Jan SALÁK a Martin VANÍČEK. *Projektování základových a zemních konstrukcí*. 1. Praha: ČVUT, 2016. ISBN 978-80-01-05913-5.
- [19] Vodovody a kanalizace Vsetín. *Vodovody a kanalizace Vsetín* [online]. Vsetín: Vsetín, 2013 [cit. 2017-10-28]. Dostupné z: <http://www.vakvs.cz/pitna-voda/vyroba-a-dodavka-pitne-vody/>
- [20] *Vylehčené násypy pozemních komunikací: TP 198*. 2008. Praha: SG- Geotechnika, 2008.
- [21] *Závěrečná zpráva*. Inset s.r.o. Ostrava, 2016.
- [22] Zemětřesení na území České republiky. *V zorném poli geografů*. 2005, 2(07), 2.

9. Seznam obrázků

Obr. 1.1 - Přeložka silnice I/57 Valašské Meziříčí - Jarcová [15]	12
Obr. 1.2 - Přeložka Vsetínské Bečvy [15].....	14
Obr. 2.1-Katastrální rozdělení [9]	15
Obr. 2.2 - Příborská pahorkatina [8]	17
Obr. 2.3 - Klimatické jednotky [6].....	18
Obr. 2.4 - Teplota v jednotlivých měsících po dobu 30let [14]	18
Obr. 2.5 - Meteorologické rekordy [7].....	19
Obr. 2.6 - Povodí Moravy, tok Bečvy [10]	22
Obr. 2.7 - Svahová nestabilita 7771 [16]	22
Obr. 2.8 - Svahová nestabilita 7771 (05/2017)	23
Obr. 2.9 - Svahová nestabilita 7773 [16]	24
Obr. 2.10 - Svahová nestabilita 7773, hřbitov Valašské Meziříčí.....	24
Obr. 2.11 - Svahová nestabilita 39 [16]	25
Obr. 2.12 - Svahová nestabilita 7755 [16]	25
Obr. 2.13 - Svahová nestabilita - Jarcová [16].....	26
Obr. 2.14 - Geofyzikální ústav AV ČR [22]	27
Obr. 3.1 - Referenční místo č. 1	31
Obr. 3.2 - Referenční místo č. 2	32
Obr. 3.3 - Referenční místo č. 3	32
Obr. 4.1 - Návrh násypu 1, varianta1	35
Obr. 4.2 - Návrh násypu 2, varianta1	36
Obr. 4.3 - Návrh násypu 3, varianta1	36
Obr. 4.4 - Návrh násypu 1, varianta 2	37
Obr. 4.5 -Návrh násypu 2, varianta 2	37
Obr. 4.6 - Návrh násypu 3, varianta 2	38
Obr. 4.7 - Detail uspořádání LKK a zeminy [12].....	40
Obr. 5.1 - Obecný vztah pro výběr odvozených hodnot charakteristických vlastností [18]	41
Obr. 5.2 - Model varianty 1	44
Obr. 5.3 - Model varianty 2.....	44
Obr. 5.4 - Fáze výpočtu.....	44
Obr. 6.1 - Smyková plocha VP1_1 (násyp z DK).....	47
Obr. 6.2 - Smyková plocha VP1_2 (lehčený násyp z keramzitu)	47

Obr. 6.3 - Smyková plocha VP2_1 (násyp z DK)	48
Obr. 6.4 - Smyková plocha VP2_2 (lehčený násyp z keramzitu)	48
Obr. 6.5 - Smyková plocha VP3_1 (násyp z DK)	48
Obr. 6.6 - Smyková plocha VP3_2 (lehčený násyp z keramzitu)	49
Obr. 6.7 – Pórové tlaky při použití drénu osově vzdálenosti 10 m	53
Obr. 6.8 – Pórové tlaky při použití drénu osově vzdálenosti 2,5 m	53
Obr. 6.9 - Čerpání pevnosti VP1_1 (násyp z DK)	53
Obr. 6.10 - Čerpání pevnosti VP1_2 (lehčený násyp z keramzitu)	53
Obr. 6.11 - Čerpání pevnosti VP2_1 (násyp z DK)	54
Obr. 6.12 - Čerpání pevnosti VP2_2 (lehčený násyp z keramzitu)	54
Obr. 6.13 - Čerpání pevnosti VP3_1 (násyp z DK)	54
Obr. 6.14 - Čerpání pevnosti VP3_2 (lehčený násyp z keramzitu)	55
Obr. 6.15 - Plastické body VP1_1 (násyp z DK)	55
Obr. 6.16 - Plastické body VP1_2 (lehčený násyp z keramzitu)	56
Obr. 6.17 - Plastické body VP2_1 (násyp z DK)	56
Obr. 6.18 - Plastické body VP2_2 (lehčený násyp z keramzitu)	57
Obr. 6.19 - Plastické body VP3_1 (násyp z DK)	57
Obr. 6.20 - Plastické body VP3_2 (lehčený násyp z keramzitu)	58

10. Seznam tabulek

Tab. 3.1 - Přehled geotypů [21].....	29
Tab. 3.2 - Vhodnost podloží dle TP 170 [11].....	30
Tab. 3.3 - Vybrané odvozené geotechnické charakteristiky zemin [21].....	34
Tab. 4.1 - Parametry násypových materiálů.....	39
Tab. 5.1 - Parametry tělesa násypu	42
Tab. 5.2- Parametry zemin	43
Tab. 6.3 - Stupeň stability	46
Tab.6.4 - Maximální vertikální deformace.....	49

11. Seznam grafů

Graf 6.1 - Průběh vertikálních deformací.....	50
Graf 6.2- Vývoj přírůstků pórových tlaků - varianta1	51
Graf 6.3 - Vývoj přírůstků pórových tlaků - varianta2	51

12. Seznam příloh

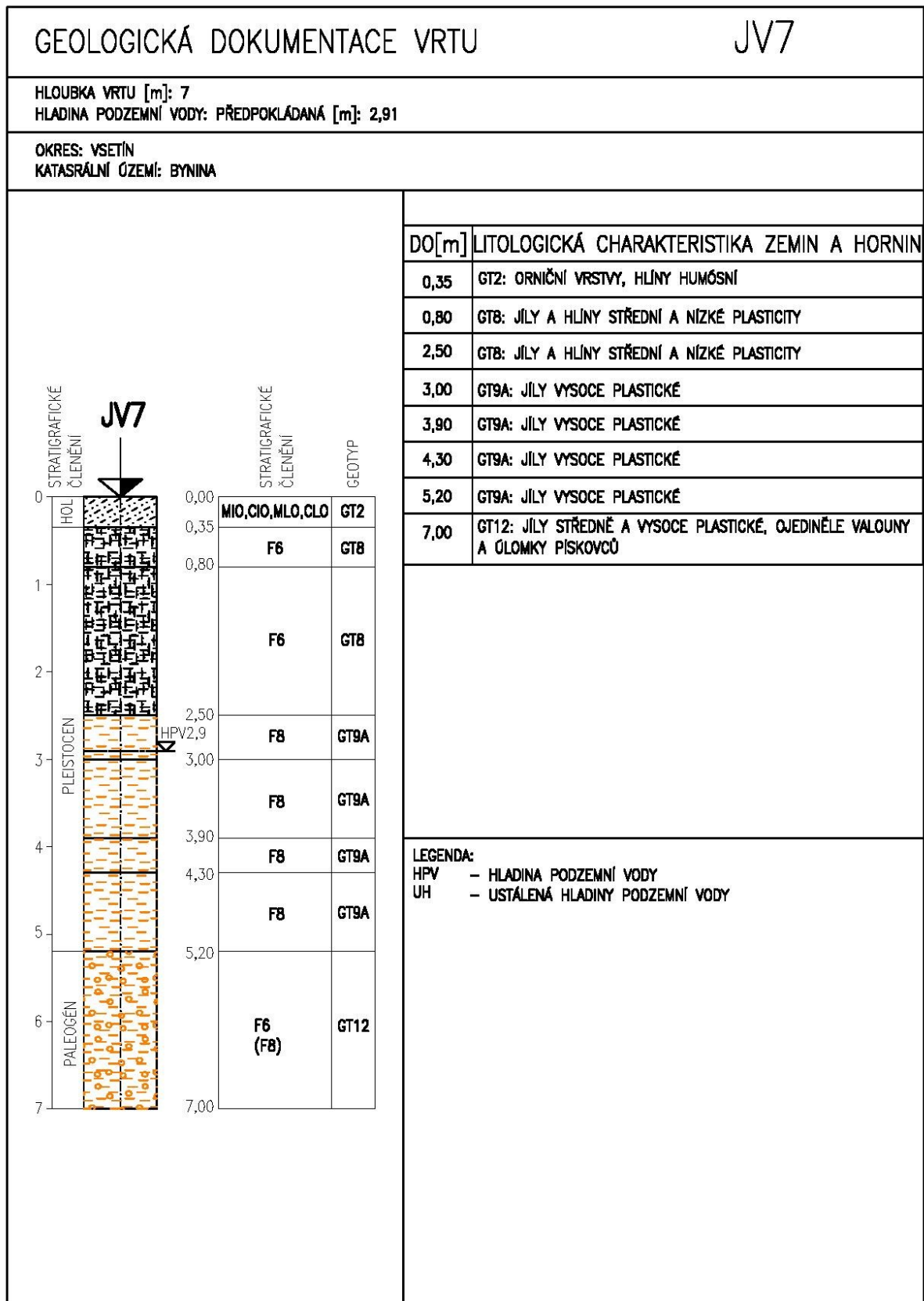
Příloha č.I – Geologická dokumentace vrtu JV7

Příloha č.II – Geologická dokumentace vrtu JV34

Příloha č.III – Geologická dokumentace vrtu JV39

Příloha č. I

Geologická dokumentace vrtu JV7



Příloha č. II

Geologická dokumentace vrtu JV34

GEOLOGICKÁ DOKUMENTACE VRTU

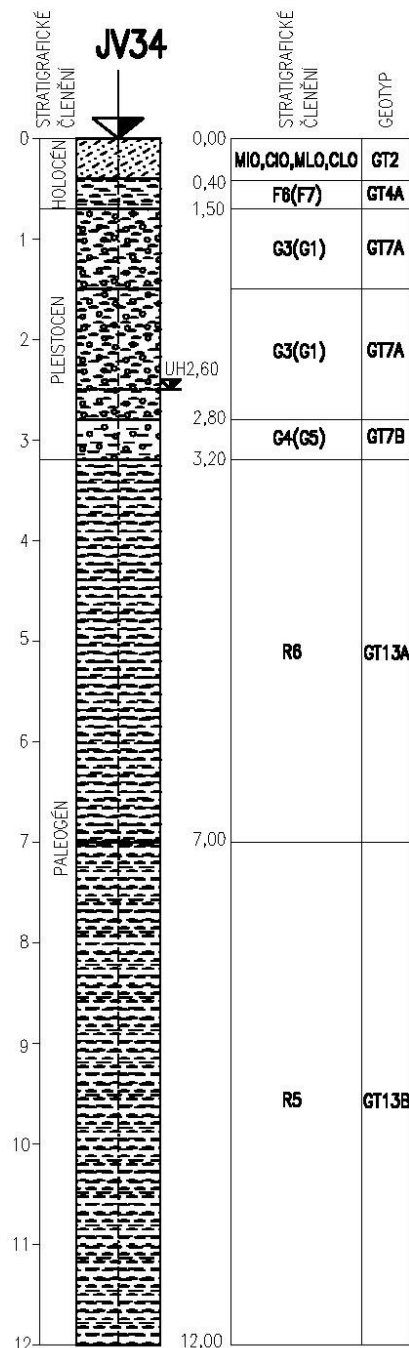
JV34

HLOUBKA VRTU [m]: 12

HLADINA PODZEMNÍ VODY: USTÁLENÁ [m]: 2,5

OKRES: VSETÍN

KATASRÁLNÍ ÚZEMÍ: VALAŠSKÉ MEZIŘÍČÍ – MĚSTO



DO[m]	LITOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA ZEMIN A HORNIN
0,40	GT2: ORNIČNÍ VRSTVY, HLÍNY HUMÓSNÍ
0,70	GT4A: JÍLY FLUVIÁLNÍ
1,50	GT7A: ŠTĚRKY S MALÝM OBSAHEM JEMNOZRNNÉ PŘÍMĚSI
2,80	GT7A: ŠTĚRKY S MALÝM OBSAHEM JEMNOZRNNÉ PŘÍMĚSI
3,20	GT7B: ŠTĚRKY HLINITÉ A JÍLOVITÉ
7,00	GT13A: JÍLOVCE PRACHOVITÉ, ZCELA ZVĚTRALÉ, S PODRUŽNÝMI ÚLOMKY
12,00	GT13B: JÍLOVCE VELMI AŽ MÍRNĚ ZVĚTRALÉ

LEGENDA:

- HPV – HLADINA PODZEMNÍ VODY
- UH – USTÁLENÁ HLADINY PODZEMNÍ VODY

Příloha č. III

Geologická dokumentace vrtu JV39

